

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
6. November 2003 (06.11.2003)

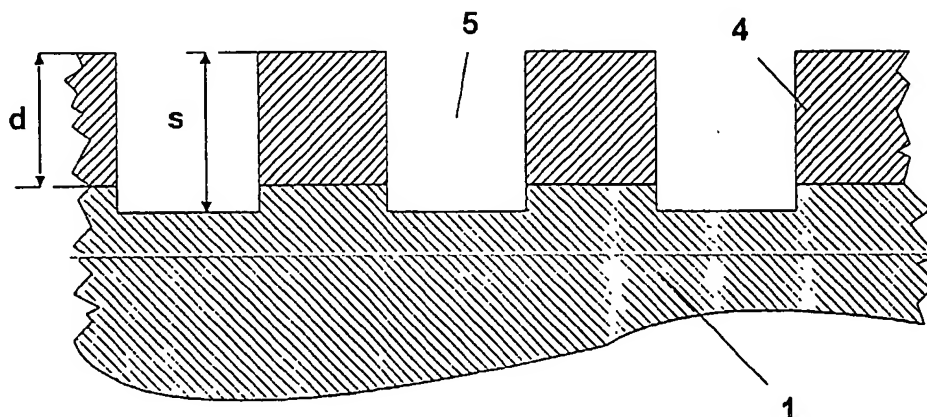
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/091474 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation: C23C 14/58, F16C 33/10, 33/04 (74) Gemeinsamer Vertreter: UNAXIS BALZERS AG; Patentabteilung, FL-9496 Balzers (LI).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH03/00262 (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (22) Internationales Anmeldedatum: 22. April 2003 (22.04.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 702/02 25. April 2002 (25.04.2002) CH
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): UNAXIS BALZERS AG [LI/LI]; FL-9496 Balzers (LI).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MASSLER, Orlaw [DE/AT]; Tafernstrasse 20, A-6800 Feldkirch (AT). WOHLRAB, Christian [AT/AT]; Weinberggasse 31a, A-6800 Feldkirch (AT).
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: STRUCTURED COATING SYSTEM

(54) Bezeichnung: STRUKTURIERTES SCHICHTSYSTEM



(57) Abstract: The invention relates to a coated workpiece having a microstructured surface and to a method for the production thereof. The structure depth (s) of the microstructures is set so that it is greater than the coat thickness (d) or is of a specified ratio thereto.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein beschichtetes Werkstück mit einer mikrostrukturierten Oberfläche, sowie ein Verfahren zu seiner Herstellung. Dabei ist die Strukturtiefe (s) der Mikrostrukturen grösser als bzw. in einem bestimmten Verhältnis zur Schichtdicke (d) eingestellt.



WO 03/091474 A1

Strukturiertes Schichtsystem

Die Erfindung betrifft ein mit einem Schichtsystem beschichtetes Werkstück gemäss dem Oberbegriff der Patentansprüche 1 und 4, sowie ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Werkstücks gemäss dem Oberbegriff der Patentansprüche 18 und 20. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den entsprechenden abhängigen Ansprüchen 2 bis 3, 5 bis 17, sowie 19 und 21 bis 27 beansprucht.

Das Aufbringen unterschiedlicher Strukturen auf gleitbeanspruchten Bauteilen und Komponenten, die im Bereich des Maschinenbaus, wie sie zum Beispiel in der Motoren und Pumpentechnik oder als dynamische Dichtelemente bei der Förderung von Fluiden eingesetzt werden, ist bereits seit längerem bekannt. Damit soll eine möglichst gleichmässige Verteilung eines Schmiermittels oder Fluids erreicht werden, um Mangelschmierung und die damit verbundene Gefahr einer Beschädigung oder gar eines Festfressens gegeneinander bewegter Bauteile zu vermeiden.

Beispielsweise offenbart US 4,573,690 einen gegen einen Dichtungsring bewegten Körper mit definierten Vertiefungen auf der Oberfläche sowie ein mechanisches Verfahren zum Herstellen der Vertiefungen. Letztere bewirken im Einsatz Druckschwankungen eines zwischen Dichtungsring und Körper eingebrachten Schmiermittels, wodurch ein Abreissen des Schmierfilms und damit ein direkter Kontakt fester Oberflächen vermieden werden soll.

Ebenso sind andere Verfahren zur Herstellung strukturierter Oberflächen bekannt. In US 5,473,138 wird ein Verfahren zur Vergrösserung metallischer und keramischer Oberflächen mittels Laserbestrahlung beschrieben. WO 98/14710 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines Gleitlagers, wobei eine optimierte Porenverteilung beispielsweise

-2-

mittels Pulslaser auf einer Gleitfläche eines Lagers erzeugt wird.

- Als nachteilig wirkt sich bei obengenannten Bauteilen aus, dass bei eventuell auftretenden Zuständen der
- 5 Mangelschmierung immer noch ein Kontakt zweier in Bezug auf ihre Oberflächeneigenschaften ähnlicher oder sogar identischer Materialien möglich ist. Ein Kaltverschweissen, bzw. Fressen einer beispielsweise metallischen
- 10 Materialpaarung (z.B. Dichtungsring / Gegenkörper) kann unter solchen Bedingungen nicht immer sicher vermieden werden. Dies gilt besonders auch für komplexe Maschinen mit tribologisch beanspruchten Teilen, an denen auf Grund hoher Relativgeschwindigkeiten und/oder Flächenpressungen
- 15 Zustände der Mangelschmierung und entsprechend erhöhter Verschleiss auftreten können. Beispiele aus dem Motorenbau sind dafür Ventiltriebe in modernen, auf hohe Leistungen ausgelegten Verbrennungsmotoren, bei denen vor allem Tassenstößel und Kolbenringe teils extrem hoher Belastung ausgesetzt sind.
- 20 Auch Werkzeuge mit einer texturierten Oberflächenstruktur sind aus U. Popp et al. "Excimer Laser Texturing of Tool Surfaces and its Influence on Friction in Cold Forging" Proc. of the 2nd Int. Conf. "The Coatings in Manufacturing Engineering 2001", bekannt. Dabei wurde auf der
- 25 Funktionsfläche von Fliesspresswerkzeugen, nach dem Aufbringen einer ca. 2 µm dicken TiN Schicht, mittels Excimerlaser ca. 1 µm tiefe Strukturen hergestellt. Bei anschliessend durchgeführten Tests wurde dabei eine Verbesserung der Verschleisseigenschaften festgestellt.
- 30 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit von PVD- und/oder CVD-beschichteten Werkstücken, insbesondere von Bauteilen bzw. Werkzeugen die einer starken tribologischen Beanspruchung, insbesondere einer Gleitbeanspruchung

unterliegen, weiter zu erhöhen, sowie ein Verfahren zur Herstellung derartiger Werkstücke zur Verfügung zu stellen.

Dazu hat es sich überraschenderweise als wesentlicher Vorteil erwiesen, Mikrostrukturen so in ein zumindest
5 teilweise auf den Funktionsfläche(n) eines Werkstücks aufgebracht Schichtsystem einzubringen, dass sich die vertikale Ausdehnung der (dreidimensionalen) Mikrostruktur von der Oberfläche des Schichtsystems durch die Schicht bis in das Werkstück erstreckt, so dass dieses in einem unteren
10 Bereich der Struktur unbeschichtet vorliegt.

Aus Gründen der Reproduzierbarkeit und Produktivität als günstig erwiesen hat es sich, ein Verhältnis d/s der Schichtdicke d zur Strukturtiefe s zwischen 0.05 und 0.9, bevorzugt zwischen 0.1 und 0.6 einzustellen. Der
15 für die Einstellung des Rückhaltevermögens von Schmiermitteln ebenso wie die Strukturtiefe und Geometrie wesentliche Flächendeckungsgrad, d.h. das Verhältnis der Oberfläche der Mikrostruktur- zur gesamten mit einem Strukturmuster versehenen Oberfläche, wurde zwischen 10 und
20 50% eingestellt, die besten Ergebnisse aber mit einem Flächendeckungsgrad von 15-35% erzielt.

Der Querschnitt der Vertiefungen wurde dabei für kleine Strukturen bzw. Strukturquerschnitte, d.h. Strukturen mit der grössten lateralen Abmessung zwischen 5 und 350 μm ,
25 kreisförmig, bevorzugt jedoch konisch gewählt. Vorteilhaft hat sich bei vielen Strukturen erwiesen, den Tangentialwinkel, d.h. den Winkel zwischen der Oberflächenhorizontalen und einer an der abfallenden Strukturflanke anliegend gedachten Geraden, möglichst flach
30 d.h. unter 20° , bevorzugt jedoch unter 10° bzw. 5° einzustellen.

Die Herstellung der Strukturen erfolgte mit einem Laserstrahl, wobei der Einfachheit halber vor allem kreisförmige Strukturen hergestellt wurden. Wie dem

- 4 -

Fachmann bekannt, können aber auch anders geformte Strukturen beispielsweise kreisförmige, elliptische, linienförmige, drei-, vier- oder mehreckige, oder auch komplexere Strukturen in einzelnen Anwendungsfällen
5 vorteilhaft eingesetzt werden.

Weiters ist es auch bekannt, ähnliche Strukturen durch mechanische Verfahren, wie beispielsweise mittels Prägen, Schleifen, Honen, ferner mittels mikromechanischer Verfahren, aber auch durch Ätzverfahren, die sich besonders
10 zum Herstellen von komplexen Strukturen eignen, herzustellen. Bei Letzteren können Plasmaätzverfahren oder chemische bzw. elektrochemische Ätzverfahren angewandt werden. Als Beispiel sei hier das Photolackverfahren genannt, bei dem nach Aufbringen eines photosensitiven
15 Lacks, dieser mit einem, bei Bedarf inversen, Strukturmuster belichtet wird. Das dadurch hergestellte zweidimensionale Strukturmuster kann in einem nachfolgenden Verfahrensschritt in die Oberfläche geätzt werden. Eine weitere Möglichkeit ist das selektive Aufbringen einer
20 ätzresistenten Lackschicht mittels unterschiedlicher Kaschiertechniken.

Zur Überprüfung der Eignung für den Einsatz mit strukturierten Oberflächen wurden vier unterschiedliche Gleitschichtsysteme, nämlich eine a-C:H- bzw. DLC-, d.h.
25 eine amorphe oder diamantartige Kohlenstoffschicht wie sie beispielsweise aus WO 0179585A1 bekannt ist, eine MeC/C-, d.h. eine Metall- bzw. Metallcarbid/Kohlenstoff-Schicht die auch Anteile an Wasserstoff enthält, eine Hartschicht aus TiAlN sowie eine hartschichtgestützte WC/C-Schicht
30 getestet.

Mit allen Schichttypen wurde in einem tribologischen Kugel/Scheibetest eine Erhöhung der Standzeit der beschichteten Scheiben erzielt. Mit der DLC-, als auch mit den WC/Kohlenstoff-Schichten wurde gleichzeitig auch der
35 Verschleiss der unbeschichteten Kugel herabgesetzt. Diese

Eigenschaft ist besonders für tribologisch beanspruchte Bauteile, in denen der Verschleiss des Gesamtsystems möglichst gering zu halten ist, von Bedeutung. Sowohl das Verschleissverhalten des unbeschichteten als auch des beschichteten Prüfkörpers wurde durch die zusätzliche Strukturierung in Abhängigkeit der Strukturtiefe bzw. des Zeitpunkts der Strukturierung, d.h. vor oder nach dem Beschichten, unterschiedlich stark verbessert.

Überraschenderweise zeigten sich dabei Strukturmuster mit Mikrostrukturen, die erst nach der Beschichtung angebracht wurden und sich in ihrer vertikalen Ausdehnung bis in das Grundmaterial des Werkstücks erstrecken, anderen Strukturen, die vor dem Beschichten oder nach dem Beschichten, dann aber mit einer vertikalen Ausdehnung, die geringer als die Schichtdicke ist, als überlegen. Dabei ist es von Bedeutung, dass die Mikrostrukturen im unteren Bereich unbeschichtet vorliegen. Daher ist es vorteilhaft, das Strukturmuster nach der Beschichtung zu erzeugen, da es sonst, zumindest bei relativ flachen Strukturen zu einer Beschichtung der gesamten Strukturkontur kommt. Wenn auch der genaue Grund dieses Verhaltens im Detail nicht bekannt ist, so könnte ein Grund in der unterschiedlichen Benetzbarkeit des Schicht- und des Grundwerkstoffmaterials gegenüber verschiedenen Schmierflüssigkeiten liegen. Beispielsweise zeigen obengenannte DLC-Schichten eine bessere Benetzbarkeit mit Mineralöl als Stähle.

Die Testergebnisse zeigten weiters überraschenderweise, dass mit DLC sowie mit Me/C-, MeC/C- bzw. WC/C-Gleitschichtsystemen beschichtete Werkstücke auch mit herkömmlich hergestellten Strukturen eine deutliche Verbesserung der tribologischen Eigenschaften im Vergleich zu strukturierten Hartschichten wie z.B. TiAlN bzw. vorbekannten strukturierten TiN-Schichten ermöglichen.

Wenn sich auch die Untersuchungen bis jetzt im wesentlichen auf oben erwähnte Schichtsysteme beschränkt haben, so ist

es doch für den Fachmann auf dem Gebiet der Gleit- bzw. Hartstoffbeschichtung leicht nachvollziehbar, dass für ein erfindungsgemässes Werkstück bzw. Verfahren auch andere Schichten geeignet sind. Beispielsweise sind insbesondere
5 für die Beschichtung von Bauteilen auch a-C:H:Si-, d.h. Silizium-/Kohlenstoff-Schichten, a-C:H:Si:Me-, d.h. Silizium-/Kohlenstoff-/Metall-Schichten, a-C:H/a-Si:O-, d.h. Kohlenstoff-/Siliziumoxid-Schichten, geeignet, die mit ähnlichen Eigenschaften wie oben erwähnte
10 kohlenstoffhaltige Schichten hergestellt werden können.

Weiters können neben dem hier genannten Wolfram auch andere Metalle, wie Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, oder Fe, bevorzugt aber Cr für die Me/C-, MeC/C- und a-C:H:Si:Me-Schichten verwendet werden. Ebenso ist eine Kombinationen von
15 mehreren Metallen möglich.

Andere Materialien, die für die Bildung zumindest der äussersten Schicht des Schichtsystems Vorteile bringen können sind MoS₂, WS₂, MoSe₂ oder WSe₂.

Vorteilhafterweise ist die erste Schicht des Schichtsystems
20 eine Haftschrift, bestehend aus einem oder mehreren Metallen der obengenannten Auswahl. Besteht das Schichtsystem aus wenigstens einer Hartschicht und wenigstens einer kohlenstoffhaltigen Gleitschicht, kann eine zusätzliche metallische Zwischenschicht, die
25 Hartschicht und Gleitschicht trennt, von Vorteil sein. Ebenso ist eine Kombinationen von mehreren Metallen insbesondere den oben genannten möglich.

Auch die Anwendung gradiertter Schichtübergänge kann zur Optimierung der Schichteigenschaften verwendet werden.
30 Beispielsweise ist es vorteilhaft, kohlenstoffhaltige Schichten mit einem von einer metallischen Haftschrift in Richtung zur Oberfläche ansteigenden Kohlenstoffanteil vorzusehen.

- Die gesamte Schichtdicke des Schichtsystems kann je nach geplanter Anwendung zwischen 0.5-20 μm eingestellt werden. Auf Grund des häufig auch in geschmierten Tribosystemen auftretenden abrasiven Verschleisses durch eingeschleppte
- 5 Partikel ist aber in vielen Fällen eine Mindestschichtdicke von einem Mikrometer zu bevorzugen. Auf Grund der Verfahrensökonomie beim Abscheiden von PVD-Schichten wird zumindest für Produkte der Massenfertigung eine maximale Schichtdicke von ca. 10 μm in Betracht kommen.
- 10 Besonders vorteilhaft können erfindungsgemäss strukturierte Schichten auf Bauteilen angewandt werden, die zumindest eine als Gleitfläche ausgebildete Funktionsfläche aufweisen. Beispiele dafür sind Gleitlager, Gleitdichtungen, Dichtungsringe, Kolbenringe,
- 15 Tassenstössel, Kipphebel oder Kurbelwellen.
- Ebenso vorteilhaft können erfindungsgemäss strukturierte Schichten auf Werkzeuge angewandt werden, die zumindest eine als Gleitfläche ausgebildeten Funktionsfläche aufweisen. Beispiele hierfür sind insbesondere
- 20 Schneidwerkzeuge mit zumindest einer Spanfläche für Dreh-, Räum- oder Fräsanwendungen bzw. Umformwerkzeuge mit zumindest einer Fliess-pressfläche wie beispielsweise Kaltmassivumformwerkzeuge.
- Als Grundmaterial sind Stähle ebenso wie Hartmetalle
- 25 geeignet. Wird die Strukturierung mit einem Laser durchgeführt, können auch keramische Werkstoffe und Sondermetalle problemlos strukturiert werden.
- In einem Ausführungsbeispiel zur Herstellung erfindungsgemässer Werkzeuge, Bauteile sowie Prüfkörper
- 30 werden diese zunächst mit einem kombinierten PVD/CVD-Verfahren beschichtet, wobei ein Schichtsystem auf der Funktionsfläche abgeschieden wurde. Dabei wird zunächst eine Haftschrift mit einem PVD-Sputterprozess aufgebracht und anschliessend ein ansteigender Anteil

kohlenstoffhaltigen Gases dem Arbeitsgas zugemischt. Dieser Anteil wird beim Abscheiden von Metall/Kohlenstoff-Schichten bis zu einem gewünschten Maximalwert erhöht und anschliessend der Beschichtungsprozess gestoppt (reaktiver
5 PVD-Prozessschritt). Soll das Schichtsystem mit einer DLC-Schicht abschliessen, werden ab einem bestimmten Zeitpunkt der Sputterprozess gestoppt, eine gepulste Biasspannung ans Substrat angelegt und anschliessend die DLC-Schicht abgeschieden. Dieser letzte Prozessschritt entspricht einem
10 CVD-Verfahren, da hier keine physikalische Verdampfung mehr stattfindet. Weitere Angaben zu den angewandten Verfahren sind in den unten angeführten Beispielen zu finden.

Es versteht sich für den Fachmann von selbst, dass derartige Schichten auch mit reinen PVD- bzw. CVD-Prozessen
15 hergestellt werden können, jedoch bieten die in den Beispielen im Detail beschriebenen kombinierte Verfahren den Vorteil einer sehr grossen Prozessflexibilität und einer durch die PVD-Haftschrift besonders guten Haftung.

Die Strukturierung nach dem Aufbringen des Schichtsystems
20 auf zumindest einem Teil der Funktionsfläche(n) erfolgte mit Laserbearbeitungssystemen unterschiedlicher Firmen (z.B. Lambda Physik, SurTech, CMT Rickenbach). Dabei wurden unter anderem KrF Excimer Laser mit einer Wellenlänge von $\lambda=248$ nm und Energiedichten bis 6 J/cm^2 verwendet. Die
25 Punkte wurden mit einem Durchmesser zwischen $50\text{-}250 \text{ }\mu\text{m}$ und einer Tiefe von $10\text{-}15 \text{ }\mu\text{m}$ in kubischer sowie hexagonaler Anordnung und einem Deckungsgrad zwischen 10 bis 50% hergestellt.

Die Testreihen wurden grossteils mit kreisförmigen
30 Strukturen mit einem grösstem Durchmesser zwischen 80 bis $100 \text{ }\mu\text{m}$, in kubischer bzw. hexagonaler Anordnung und einem Flächendeckungsgrad zwischen 15 und 40 % durchgeführt. Diese Anordnung hat in davor durchgeführten Tests besonders gute Ergebnisse erzielt.

Ausführung der Erfindung in Beispielen**1) Strukturierung**

- Die Strukturierung erfolgte je nach Test vor bzw. nach Aufbringen des jeweiligen Schichtsystems. Dabei wurden mit
- 5 einem gepulsten, fokusierbaren Laser Strukturmuster folgender Strukturgeometrie eingebracht:

Tabelle 1) Strukturgeometrie

| | |
|-----------------|--|
| Lochtiefe | 8-15 µm |
| Lochdurchmesser | 80-100 µm |
| Bedeckungsgrad | 30% |
| Lochanordnung | hexagonale Anordnung, d.h. 60°-Winkel zwischen den Hauptachsen |
| Lochabstand a | 250 µm |

2) Ermittlung des Reibwerts und Verschleisstests

- 10 Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Schichten wurde ein Kugel/Scheibe-Test durchgeführt, bei dem eine unbeschichtete Stahlkugel kreisförmig auf einer beschichteten strukturierten Stahlscheibe geführt wird. Dabei wurde der Reibwert, sowie der Verschleissdurchmesser
- 15 an der unbeschichteten Kugel gemessen. Bei Erreichen eines Reibwerts von 0.4 wurde der Test vorzeitig abgebrochen. Die Testparameter sind in folgender Tabelle aufgeführt:

Tabelle 2) Testparameter Tribotest Kugel-Scheibe

| | |
|-------------------------------|--|
| Mangelschmierung | Filterpapier wird durch Auftropfen mit Öl gesättigt, anschliessend auf die Probenoberfläche aufgelegt und für eine bestimmte Zeit mit Druck angepresst, so dass eine gleichmässige Verteilung des Ölfilms erfolgt. |
| Mineralölklasse | SAE 5W30 |
| Prüfkörper - Grundwerkstoff | Stahl 1.2842 (90MnCrV8), entspricht SAE (AISI) 52100 |
| Prüfk. Oberfläche | poliert, $R_a \leq 0.05$ |
| Prüfkörper Masse | $d = 22 \text{ mm}$, $h = 5.6 \text{ mm}$ |
| Kugel | Stahl, 100Cr6 |
| Kugeldurchmesser | 3 mm |
| Verschleissweg | ca. 2.2 km |
| Aussentemperatur | 21°C |
| Luftfeuchte rel. | 39% |
| Last | 30 N |
| Geschwindigkeit am Messradius | 30 cm/s |
| Messradius | 9 mm |

3) DLC-Schichten

Zum Aufbringen der Beschichtung wurden die Werkstücke vor bzw. nach dem Aufbringen der Struktur nach einem üblichen Reinigungsverfahren vorbehandelt, auf einem Substrathalter
 5 befestigt und dieser in einer BAI 830-DLC Beschichtungsanlage doppelt drehend gehalten.

Kammerabmessungen (Neuneck): $d_i = 846 \text{ mm}$, $h = 920 \text{ mm}$

Kammervolumen: $V = 560 \text{ l}$

10 Plasmaquellen: - Zwei gegenüberliegende, am inneren Kammerumfang besfestigte Planarmagnetron-sputterquellen AK 618 ($h = 464 \text{ mm}$, $b = 146 \text{ mm}$) zum Aufbringen der Chromhaftschrift.

- Pulsgenerator zwischen Werkstückhalterung und Kammer geschaltet.

15 Die DLC-Schicht wurde gemäss einem aus WO 0179585A1 bekannten PVD/CVD-Verfahren mit einer Chromhaftschrift, einer Gradientenschicht und einer reinen DLC bzw. a:C-H-Schicht abgeschieden, wobei die Gesamtschichtdicke ca. $2 \mu\text{m}$ betrug. Die zur Abscheidung der a:C-H-Schicht verwendeten
 20 Parameter sind in untenstehender Tabelle angegeben.

Tabelle 3) Herstellparameter a:C-H-Schicht

| | |
|---|-----------------------------------|
| Prozessdruck | $6,0 \times 10^{-3} \text{ mbar}$ |
| Gasfluss C_2H_2 | 280 sccm |
| Gasfluss Ar | 30 sccm |
| Pulsfrequenz (f) | 50 kHz |
| Pulsbreite negativer Puls (Tastverhältnis - 95%) | 19 μs |
| Pulsbreite positiven Puls (Tastverhältnis + 5%) | 1 μs |
| Pulspause (0%) | 0 μs |

- 12 -

| | |
|-------------------|--------|
| Biaspulsspannung | -900 V |
| Spulenstrom oben | 8 A |
| Spulenstrom unten | 2 A |
| Beschichtungszeit | 90 min |

An der abgeschiedenen DLC-Schicht wurde eine Schichthärte von 2500 HK_{0,05} gemessen. Es zeigte sich keine Erhöhung der Rauigkeit gegenüber unbeschichteten polierten Proben.

- 5 Reibwert und Ergebnisse der Verschleisstests der DLC-Schicht sind aus folgender Tabelle 4 zu entnehmen. Dabei zeigt sich, dass sich sowohl Reibkoeffizient als auch Verschleiss des Gegenkörpers bei zuerst beschichtet und anschliessend erfindungsgemäss strukturierten Oberflächen
- 10 (Spalte 5) verbessern, d.h. zu geringeren Werten verändern als beschichtete unstrukturierte (Spalte 3) bzw. zuerst strukturierte und anschliessend beschichtete Oberflächen (Spalte 4).

Tabelle 4) Reibwerte und Verschleisstest der DLC-Schicht

| Ergebnisse DLC | unbeschi chtet | beschich tet | strukturiert & beschichtet | beschichtet & strukturiert |
|-------------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Reibwert trocken | 0,6 | 0,16 | 0,15 | 0,13 |
| Reibwert mangel- geschmiert | 0,1 | 0,08 | 0,06 | 0,058 |
| Verschleiss- durchmesser [µm] | Fressen | 586 | 380 | 243 |

Ähnlich gute Ergebnisse wurden auch mit DLC-Schichten erzielt, auf deren Oberfläche noch eine zusätzliche Gleitschicht mit einer geringeren Härte abgeschieden wurde. Beispiele zur Herstellung solcher Schichten finden sich
5 ebenfalls in oben erwähnter Anmeldung.

4) MeC:C-H-Schichten

Zum Aufbringen der Beschichtung wurden die Werkstücke gereinigt auf einem Substrathalter befestigt und in einer BAI 830C Beschichtungsanlage doppelt drehend gehalten.

- 10 Diese Beschichtungsanlage weist im wesentlichen dieselbe Geometrie, wie die unter 3) beschrieben auf, unterscheidet sich aber dadurch, dass zu den zwei mit Cr-Targets bestückten Planarmagnetronsputterquellen weitere sechs mit reinem WC- bzw. Co-gebundene WC-Targets bestückte Quellen
15 gleichen Typs am inneren Kammerumfang befestigt sind. Weiters ist an dieser Anlage eine DC-Bias-, aber keine Pulsbiasversorgung vorgesehen.

- Nach Durchführung eines bekannten Plasmaheiz- und eines Plasmaätzprozesses, bei dem der Werkstückträger zunächst an
20 den positiven und anschliessend an den negativen Pol einer Gleichspannungsquelle gelegt wird, während gleichzeitig ein Niedervoltbogen in der Anlagenachse betrieben wird, wird eine Chromhaftschrift unter Anlegen eines negativen Substrabias (-75V) aufgesputtert. Anschliessend wird eine
25 MeC:C-H-Schicht mit zur Oberfläche ansteigenden Kohlenstoffgehalt aufbracht. Die zur Abscheidung der abschliessenden MeC:C-H-Schicht verwendeten Parameter sind in untenstehender Tabelle angegeben. Eine derartige Schicht ist auch unter dem Markennamen Balinit Kohlenstoff bekannt.

Tabelle 5) Herstellparameter MeC:C-H-Schicht

| | |
|--|---------------------------|
| Prozessdruck | $2-5 \times 10^{-3}$ mbar |
| Gesamtzeit WC-Sputtern | 90 min |
| Leistung / Target (x6) | 3 kW |
| Start C ₂ H ₂ -Fluss nach | 9 min |
| C ₂ H ₂ Rampe 1 (0-200 sccm) | 16 min |
| Zeit mit f C ₂ H ₂ = 200 sccm | 39 min |
| C ₂ H ₂ Rampe 2 (200-225 sccm) | 16 min |
| Zeit mit f C ₂ H ₂ = 225 sccm | 10 min |
| Gasfluss Ar | 115 sccm |

An der abgeschiedenen WC:C-H-Schicht wurde eine Schichtdicke von 2.0 µm und eine Schichthärte von 1000 HK_{0.05} gemessen. Es zeigte sich eine Erhöhung der Rauigkeit um ca. 0.01-0.02 Ra gegenüber unbeschichteten polierten Proben.

Reibwert und Ergebnisse der Verschleisstests der MeC:C-H-Schicht sind aus folgender Tabelle 6 zu entnehmen. Auch hier zeigt sich die nachträglich erfindungsgemäss strukturierte Schicht der herkömmlich strukturierten Schicht überlegen.

Tabelle 6) Reibwerte und Verschleisstest der MeC:C-H-Schicht

| Ergebnisse MeC:C-H | beschichtet | strukturiert & beschichtet | Beschichtet & strukturiert |
|--|-------------|----------------------------|----------------------------|
| Reibwert trocken | 0,13 | 0,12 | 0,12 |
| Reibwert mangelgeschmiert | 0,08 | 0,06 | 0,05 |
| Verschleissdurchmesser [μm] | 487 | 290 | 182 |

5) TiAlN-Schichten

- 5 Zum Aufbringen einer vergleichenden Beschichtung mit einem Hartschichtsystem wurden die Werkstücke gereinigt auf einem Substrathalter befestigt und in einer BAI 1200 Arc-Beschichtungsanlage doppelt drehend gehalten.

Kammerabmessungen: $d_i = 1.200 \text{ mm}$, $h = 1.272 \text{ mm}$

- 10 Kammervolumen: $V = 1650 \text{ l}$

- 15 Plasmaquellen: - acht am inneren Kammerumfang in zwei unterschiedlichen Ebenen besfestigte Arcquellen mit einem Targetdurchmesser von 154 mm. Davon jeweils vier (zwei oben, zwei unten) mit Ti- bzw. $\text{Ti}_{0,5}\text{Al}_{0,5}$ -Targets bestückt.

- 20 - seitlich angebrachte Niedervoltbogen-vorrichtung für Vorbehandlungsschritte sowie Heizstrahler, um die Werkstücke auf Temperaturen bis zu 500°C zu bringen.

Das aufgebrachte Schichtsystem besteht aus einer TiN-Haftschrift, einem Multilayer mit einer Schichtabfolge alternierender TiAlN-Schichten mit unterschiedlichem Ti/Al-

Verhältnis, sowie einer TiAlN-Deckschicht. Details können der folgenden Tabelle 7) entnommen werden.

Tabelle 7) Herstellparameter TiAlN-Schicht

| Parameter | TiN Haftschicht t | (Ti _{0,3} Al _{0,1})N - schicht | (Ti _{0,6} Al _{0,4})N - schicht | (Ti _{0,6} Al _{0,4})N - Deckschicht t |
|-----------------------------------|-------------------------|--|--|--|
| t _{coat} [min] | 10 | 4 x 6 | 12 x 5 | 46 |
| Schichtanzahl | 1 | 6 | 5 | 1 |
| p _{H₂} [mbar] | 8 · 10 ⁻³ | 3,2 · 10 ⁻² | 3,2 · 10 ⁻² | 3,2 · 10 ⁻² |
| I _{Ti} [A] | 170 | 200 | 0 | 0 |
| I _{TiAl} [A] | 0 | 200 | 200 | 200 |
| U _{Substrat} [V] | - 200 | - 40 | -40 | -40 |

- 5 An der abgeschiedenen TiAlN-Schicht wurde eine Schichtdicke von 2.5 µm und eine Schichthärte von 3000 HK_{0,05} gemessen. Die Erhöhung der Rauigkeit lag zwischen 0.06-0.20 Ra gegenüber unbeschichteten polierten Proben.

Tabelle 8) Reibwerte und Verschleisstest der TiAlN-Schicht

| Ergebnisse TiAlN | beschichtet | strukturiert & beschichtet | beschichtet & strukturiert |
|-----------------------------|-------------|----------------------------|----------------------------|
| Reibwert trocken | 0,4 | 0,35 | 0,33 |
| Reibwert mangelgeschmiert | 0,1 | 0,09 | 0,08 |
| Verschleissdurchmesser [µm] | 721 | 632 | 543 |

- 10 Auch bei Verwendung einer wie oben beschriebenen reinen Hartstoffbeschichtung als Schichtsystem konnte gegenüber

bekannten, zunächst strukturierten und anschliessend beschichteten Werkstücken eine Verbesserung durch eine erfindungsgemässe nachträgliche Strukturierung der Schicht erreicht werden.

5 6) TiAlN/MeC:C-H-Schichten

Zur Herstellung von TiAlN/MeC:C-H-Schichten wurde auf eine nach 5) hergestellte TiAlN-Schicht eine gemäss 4) abgeschiedene WC:C-H-Schicht aufgebracht.

- 10 An den abgeschiedenen TiAlN/MeC:C-H-Schichten wurde eine Schichtdicke von ca. 4.5 μm und eine Schichthärte von 1500 HK_{0.05} gemessen. Die Erhöhung der Rauigkeit lag zwischen 0.06-0.20 Ra gegenüber unbeschichteten polierten Proben.

- 15 Die Ergebnisse in Tabelle 9 zeigen gegenüber den Ergebnissen der MeC:C-H-Schicht in Tabelle 6 einen etwas höheren Verschleiss und Reibkoeffizienten, was vermutlich auf die grössere Schichtrauhigkeit zurückzuführen ist.

Tabelle 9) Reibwerte und Verschleisstest der TiAlN/MeC:C-H-Schicht

| Ergebnisse TiAlN/ MeC:C-H | beschicht et | strukturiert & beschichtet | Beschichtet & strukturiert |
|---|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Reibwert trocken | 0,15 | 0,14 | 0,14 |
| Reibwert mangelgeschmiert | 0,08 | 0,06 | 0,055 |
| Verschleissdurch- messer [μm] | 512 | 329 | 255 |

- 20 Für alle Schichten 3) bis 6) ergab sich eine ausgezeichnete Haftung auf dem Substrat (HF1 gemessen nach VDI 3198).

Weiters ist zu erkennen, dass bei erfindungsgemässen kohlenstoffhaltigen Schichtsystemen auch bei einer an und

für sich bekannten Strukturierung, wie beispielsweise vor
Abscheidung der Schicht, im Vergleich zu reinen
Hartstoffschichten wie TiAlN in Beispiel 5), deutlich
bessere Verschleisseigenschaften und ein geringerer
5 Reibkoeffizient erzielt werden.

Zeichnungen

In den folgenden Zeichnungen wird der Stand der Technik
sowie verschiedene bevorzugte Ausführungsformen der
10 Erfindung beispielhaft erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 einen Schnitt durch eine bekannte Mikrostruktur,

Fig. 2 einen Schnitt durch eine andere bekannte
Mikrostruktur,

15 Fig. 3 einen Schnitt durch eine erfindungsgemässe
Mikrostruktur,

Fig. 4 einen Schnitt durch eine kreisförmige
Mikrostruktur,

Fig. 5 einen Schnitt durch eine konischer Mikrostruktur,

20 Fig. 6 eine Aufsicht eines kubischen Strukturmusters mit
kreisförmigen Mikrostrukturen,

Fig. 7 eine Aufsicht eines hexagonalen Strukturmusters
mit kreisförmigen Mikrostrukturen.

Der in Fig. 1 dargestellte Schnitt zeigt eine bekannte
Oberflächenstruktur 3 auf einem mit einer Funktionsschicht
25 2 beschichteten Werkstück 1. Dabei wurde zunächst auf dem
unbeschichteten Körper eine Struktur erzeugt und
anschliessend die Schicht aufgebracht.

Der in Fig. 2 dargestellte Schnitt zeigt eine andere
bekannte Oberflächenstruktur 3', die nachträglich in die
30 Funktionsschicht aufgebracht wurde. Die Strukturtiefe ist
dabei geringer als die Schichtdicke.

Der in Fig. 3 dargestellte Schnitt zeigt eine erfindungsgemässe Mikrostruktur 5 mit einem Schichtsystem 4 auf einem Werkstück 1. Dabei wird die Strukturtiefe s in einem, wie oben beschrieben, bestimmten Verhältnis zur Schichtdicke d gewählt.

Fig. 4 zeigt Mikrostrukturen 5' mit kreisförmigen, Fig. 5 Mikrostrukturen 5'' mit konischem Querschnitt, wobei zwischen einer abfallenden Strukturflanke und der Oberflächenhorizontalen ein Tangentialwinkel α eingeschlossen wird.

Fig. 6 und 7 dienen der Erläuterung der bevorzugten kubischen bzw. hexagonalen Anordnungen erfindungsgemässer Oberflächenstrukturen mit Lochabstand (Zentrum zu Zentrum) von a bzw. a' .

Patentansprüche

1. Werkstück (1) mit zumindest einer Funktionsfläche und einem wenigstens auf einem Teil der Funktionsfläche abgelegten Schichtsystem (4), sowie einem Strukturmuster, das zumindest einen Teil des Schichtsystems (4) umfasst und aus wenigstens einer dreidimensionalen Mikrostruktur (5) mit Strukturtiefe S besteht, dadurch gekennzeichnet, dass die dreidimensionale Mikrostruktur (5) sich von der Oberfläche des Schichtsystems (4) bis in das Werkstück erstreckt, so dass dieses in einem unteren Bereich der Mikrostruktur (5) unbeschichtet vorliegt.
2. Werkstück nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die äusserste Schicht des Schichtsystems (4) zumindest eine kohlenstoffhaltige Gleitschicht wie eine Me/C-, eine MeC/C-, eine SiC/C- eine DLC-, eine a-C:H:Si-, eine a-C:H:Si:Me- oder eine a-C:H/a-Si:O-Schicht, bevorzugt aber eine WC/C- oder eine DLC-Schicht umfasst.
3. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der Schichtdicke d des Schichtsystems (4) zur Strukturtiefe S zwischen 0.05 und 0.9, bevorzugt zwischen zwischen 0.1 und 0.6 liegt.
4. Werkstück (1) mit zumindest einer Funktionsfläche und einem wenigstens auf einem Teil der Funktionsfläche abgelegten Schichtsystem (4), sowie einem Strukturmuster das zumindest einen Teil des Schichtsystems (4) umfasst und aus wenigstens einer dreidimensionalen Mikrostruktur (5) mit Strukturtiefe S besteht, und das Schichtsystem zumindest eine kohlenstoffhaltige Gleitschicht wie eine SiC/C-, eine a-C:H:Si-, eine a-C:H:Si:Me- oder eine a-C:H/a-Si:O-Schicht, bevorzugt aber eine DLC, eine Me/C-, eine

MeC/C-, insbesondere eine WC/C-Schicht umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der Schichtdicke d des Schichtsystems (4) zur Strukturtiefe S zwischen 0.05 und 0.9, bevorzugt zwischen 0.1 und 0.6 liegt.

5. Werkstück nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Me/C-, MeC/C-, bzw. a-C:H:Si:Me-Gleitschicht zumindest eines der Metalle Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, oder Fe, bevorzugt aber W oder Cr umfasst.
6. Werkstück nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die kohlenstoffhaltige Schicht eine metallische Haftschrift und einen von der Haftschrift zur Oberfläche ansteigenden Kohlenstoffgehalt aufweist.
7. Werkstück nach einem der Ansprüche 1. und 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die äußerste Schicht des Schichtsystems eine MoS₂-, eine WS₂-, eine MoSe₂- oder eine WSe₂-Gleitschicht umfasst.
8. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Schichtsystem zumindest eine Hartschicht und zumindest eine darauf abgelegte Gleitschicht umfasst.
9. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke des Schichtsystems zwischen 0.5-20 µm, bevorzugt zwischen 1-10 µm liegt.
10. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Strukturmuster in Draufsicht aus einer Vielzahl im wesentlichen punktförmiger Vertiefungen besteht, die ihrerseits kreisförmig, elliptisch, linienförmig, in Form von Vielecken oder als hexagonale bzw. kubische Punktmuster angeordnet sind.

11. Werkstück nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Vertiefungen ihrerseits in Draufsicht kreisförmige, elliptische oder vieleckige Ausformungen besitzen.
12. Werkstück nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Strukturmuster aus kreisförmigen, elliptischen, vieleckigen, geraden oder wellenförmigen Linien gebildet ist.
13. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem vom Strukturmuster umfassten Teil des Schichtsystems der Flächendeckungsgrad zwischen 10-50%, bevorzugt zwischen 15-35% der mikrostrukturierten Oberfläche liegt.
14. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt der Vertiefungen (5) im wesentlichen kreisförmig (5'), bevorzugt jedoch im wesentlichen konisch (5'', 5''') ist.
15. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein zwischen der Oberflächenhorizontalen und einer abfallenden Strukturflanke anliegender Tangentialwinkel α kleiner 15°, bevorzugt jedoch kleiner 10° ist.
16. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Strukturmuster des Schichtsystems kreisförmige Strukturen (5) mit einem an der Oberfläche gemessenen Durchmesser von 5 bis 350 μm , bevorzugt jedoch 80 bis 250 μm , umfasst und einen Flächendeckungsgrad von 10 bis 50 %, bevorzugt jedoch zwischen 15 bis 40 % hat.
17. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück ein Bauteil mit zumindest einer als Gleitfläche ausgebildeten

Funktionsfläche, insbesondere ein Gleitlager, eine Gleitdichtung, ein Dichtungsring, ein Kolbenring, ein Tassenstößel, ein Kipphebel oder eine Kurbelwelle ist.

18. Werkstück nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück ein Werkzeug mit zumindest einer als Gleitfläche ausgebildeten Funktionsfläche, insbesondere ein Schneidwerkzeug mit zumindest einer Spanfläche oder ein Umformwerkzeug mit zumindest einer Fliesspressfläche ist.
19. Verfahren zur Herstellung eines Werkstücks mit zumindest einer Funktionsfläche, wobei wenigstens auf einem Teil der Funktionsfläche zunächst ein Schichtsystem abgelegt und dieses anschliessend durch einen oder mehrere Strukturierungsschritte mikrostrukturiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Strukturierungsschritte so gewählt werden, dass sowohl das Schichtsystem als auch die Werkstückoberfläche mikrostrukturiert werden.
20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Strukturierungsschritt so gewählt wird, dass das Verhältnis der Schichtdicke d des Schichtsystems (4) zur Strukturtiefe S zwischen 0.05 und 0.9, bevorzugt zwischen 0.1 und 0.6 liegt.
21. Verfahren zur Herstellung eines Werkstücks mit zumindest einer Funktionsfläche und einem darauf abgelegten mikrostrukturierten Schichtsystem (4), wobei wenigstens auf einem Teil der Funktionsfläche zunächst die Oberfläche des Werkstücks durch einen oder mehrere Strukturierungsschritte mikrostrukturiert und anschliessend ein Schichtsystem abgelegt wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der Schichtdicke d des Schichtsystems (4) zur Strukturtiefe S zwischen 0.05 und 0.9, bevorzugt zwischen 0.1 und 0.6 eingestellt wird.

22. Verfahren nach Ansprüchen 119-21, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Strukturierungsschritt so gewählt wird, dass ein Flächendeckungsgrad von 10 bis 50 %, bevorzugt jedoch zwischen 15 bis 40 % eingestellt wird.
23. Verfahren nach Ansprüchen 19-22, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Strukturierungsschritt eine mikromechanische, bevorzugt aber eine Bearbeitung mit einem Laserstrahl umfasst.
24. Verfahren nach Ansprüchen 19-23, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Strukturierungsschritt ein Plasmaätzen, ein chemisches Ätzen, bzw. ein elektrochemisches Ätzen umfasst.
25. Verfahren nach Ansprüchen 19-24, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Strukturierungsschritt das Aufbringen einer ätzresistenten Lackschicht mit einem zweidimensionalen Strukturmuster auf die Oberfläche des Schichtsystems bzw. des Werkstücks umfasst.
26. Verfahren nach Ansprüchen 19-25, dadurch gekennzeichnet, dass das Ablegen des Schichtsystems mittels eines PVD-, eines CVD-, bevorzugt aber mittels eines kombinierten PVD/ CVD-Verfahrens erfolgt.
27. Verfahren nach Ansprüchen 19-26, dadurch gekennzeichnet, dass ein Schichtsystem mit zumindest einer kohlenstoffhaltigen Gleitschicht wie eine SiC/C-, eine a-C:H:Si-, eine a-C:H:Si:Me- oder eine a-C:H/a-Si:O-Schicht, bevorzugt aber eine DLC, eine Me/C-, eine MeC/C-, insbesondere eine WC/C-Schicht abgelegt wird.
28. Verfahren nach Ansprüchen 19-27, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke des Schichtsystems zwischen 0.5-20 μm , bevorzugt zwischen 1-10 μm eingestellt wird.

1/3

Fig. 1

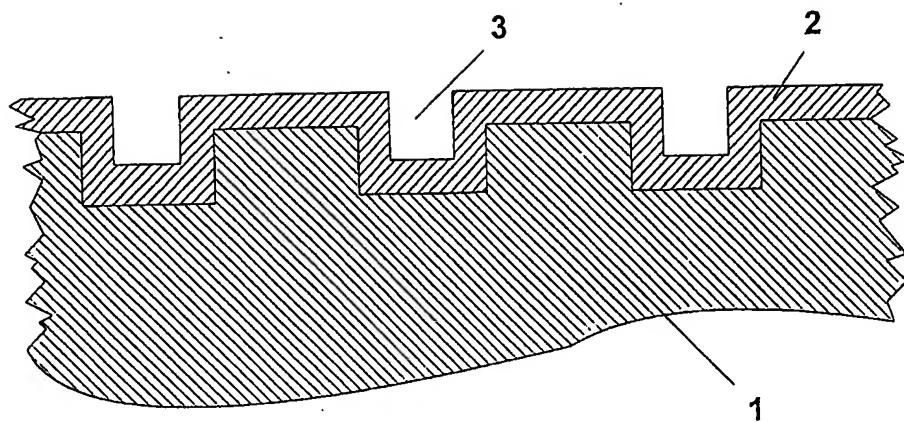


Fig. 2

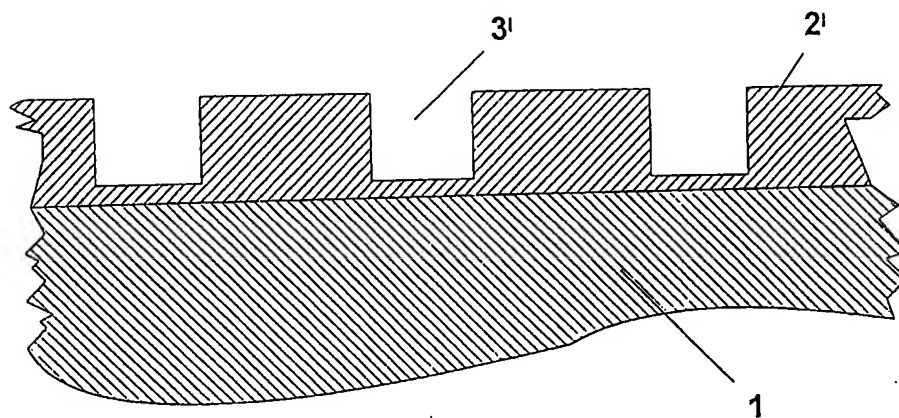
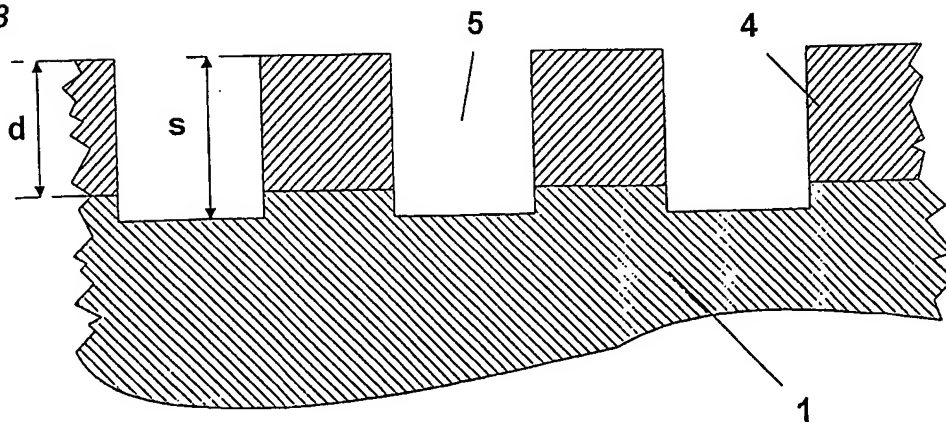


Fig. 3



2/3

Fig. 4

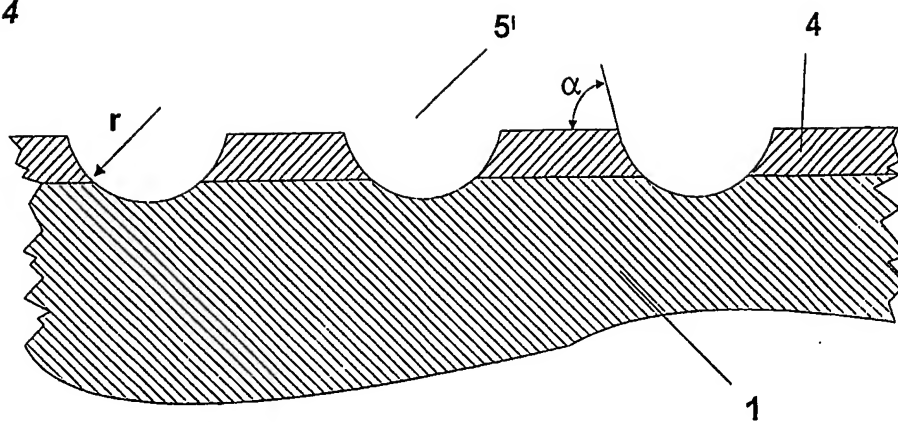
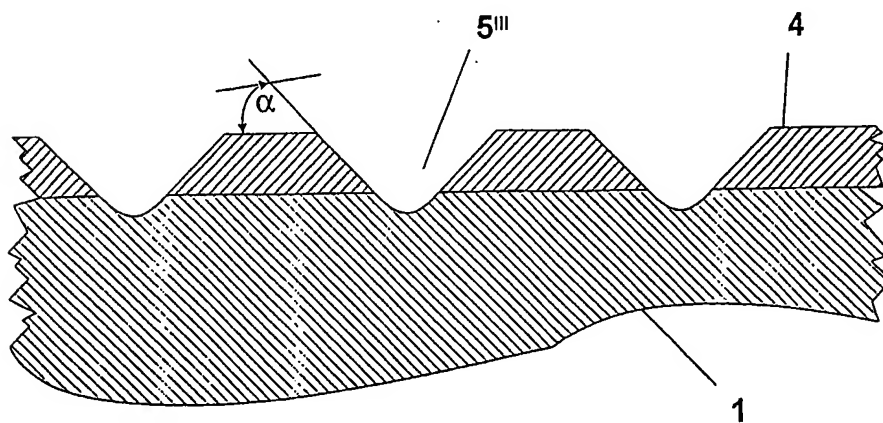
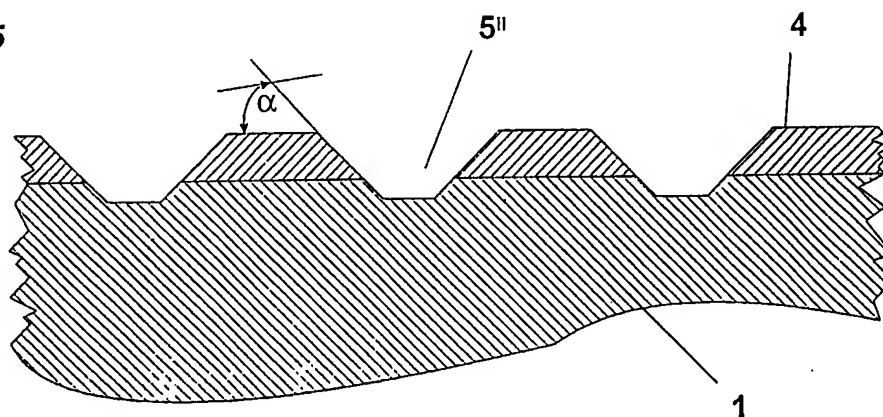


Fig. 5



3/3

Fig. 6

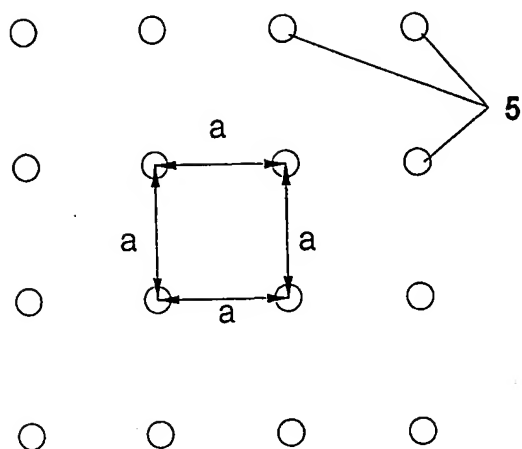
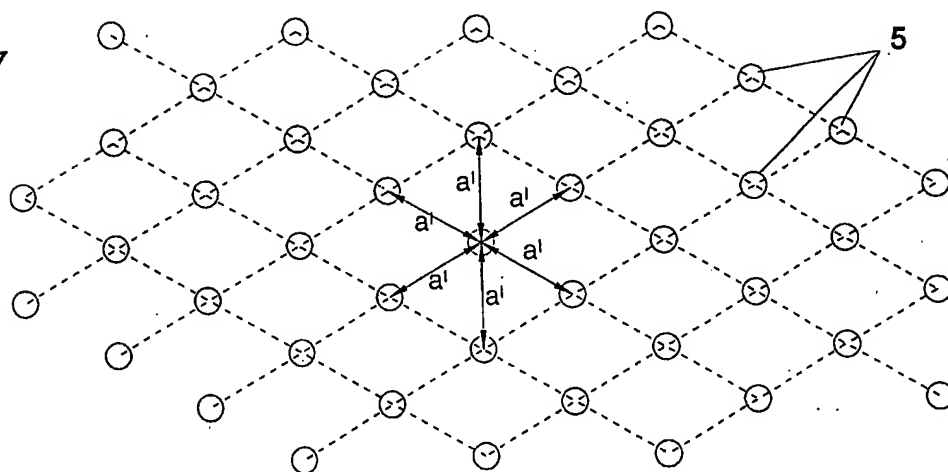


Fig. 7



WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 1 -

Strukturiertes Schichtsystem

Die Erfindung betrifft ein mit einem Schichtsystem beschichtetes Werkstück gemäss dem Oberbegriff der Patentansprüche 1 und 4, sowie ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Werkstücks gemäss dem Oberbegriff der Patentansprüche 18 und 20. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den entsprechenden abhängigen Ansprüchen 2 bis 3, 5 bis 17, sowie 19 und 21 bis 27 beansprucht.

Das Aufbringen unterschiedlicher Strukturen auf gleitbeanspruchten Bauteilen und Komponenten, die im Bereich des Maschinenbaus, wie sie zum Beispiel in der Motoren und Pumpentechnik oder als dynamische Dichtelemente bei der Förderung von Fluiden eingesetzt werden, ist bereits seit längerem bekannt. Damit soll eine möglichst gleichmässige Verteilung eines Schmiermittels oder Fluids erreicht werden, um Mangelschmierung und die damit verbundene Gefahr einer Beschädigung oder gar eines Festfressens gegeneinander bewegter Bauteile zu vermeiden.

Beispielsweise offenbart US 4,573,690 einen gegen einen Dichtungsring bewegten Körper mit definierten Vertiefungen auf der Oberfläche sowie ein mechanisches Verfahren zum Herstellen der Vertiefungen. Letztere bewirken im Einsatz Druckschwankungen eines zwischen Dichtungsring und Körper eingebrachten Schmiermittels, wodurch ein Abreissen des Schmierfilms und damit ein direkter Kontakt fester Oberflächen vermieden werden soll.

Ebenso sind andere Verfahren zur Herstellung strukturierter Oberflächen bekannt. In US 5,473,138 wird ein Verfahren zur Vergrösserung metallischer und keramischer Oberflächen mittels Laserbestrahlung beschrieben. WO 98/14710 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines Gleitlagers, wobei eine optimierte Porenverteilung beispielsweise

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 2 -

mittels Pulslaser auf einer Gleitfläche eines Lagers erzeugt wird.

- Als nachteilig wirkt sich bei obengenannten Bauteilen aus, dass bei eventuell auftretenden Zuständen der
- 5 Mangelschmierung immer noch ein Kontakt zweier in Bezug auf ihre Oberflächeneigenschaften ähnlicher oder sogar identischer Materialien möglich ist. Ein Kaltverschweissen, bzw. Fressen einer beispielsweise metallischen Materialpaarung (z.B. Dichtungsring / Gegenkörper) kann
- 10 unter solchen Bedingungen nicht immer sicher vermieden werden. Dies gilt besonders auch für komplexe Maschinen mit tribologisch beanspruchten Teilen, an denen auf Grund hoher Relativgeschwindigkeiten und/oder Flächenpressungen Zustände der Mangelschmierung und entsprechend erhöhter
- 15 Verschleiss auftreten können. Beispiele aus dem Motorenbau sind dafür Ventiltriebe in modernen, auf hohe Leistungen ausgelegten Verbrennungsmotoren, bei denen vor allem Tassenstössel und Kolbenringe teils extrem hoher Belastung ausgesetzt sind.
- 20 Auch Werkzeuge mit einer texturierten Oberflächenstruktur sind aus U. Popp et al. "Excimer Laser Texturing of Tool Surfaces and its Influence on Friction in Cold Forging" Proc. of the 2nd Int. Conf. "The Coatings in Manufacturing Engineering 2001", bekannt. Dabei wurde auf der
- 25 Funktionsfläche von Fliesspresswerkzeugen, nach dem Aufbringen einer ca. 2 µm dicken TiN Schicht, mittels Excimerlaser ca. 1 µm tiefe Strukturen hergestellt. Bei anschliessend durchgeführten Tests wurde dabei eine Verbesserung der Verschleisseigenschaften festgestellt.
- 30 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit von PVD- und/oder CVD-beschichteten Werkstücken, insbesondere von Bauteilen bzw. Werkzeugen die einer starken tribologischen Beanspruchung, insbesondere einer Gleitbeanspruchung

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 3 -

unterliegen, weiter zu erhöhen, sowie ein Verfahren zur Herstellung derartiger Werkstücke zur Verfügung zu stellen.

Dazu hat es sich überraschenderweise als wesentlicher Vorteil erwiesen, Mikrostrukturen so in ein zumindest
5 teilweise auf den Funktionsfläche(n) eines Werkstücks aufgebracht Schichtsystem einzubringen, dass sich die vertikale Ausdehnung der (dreidimensionalen) Mikrostruktur von der Oberfläche des Schichtsystems durch die Schicht bis
10 in das Werkstück erstreckt, so dass dieses in einem unteren Bereich der Struktur unbeschichtet vorliegt.

Aus Gründen der Reproduzierbarkeit und Produktivität als günstig erwiesen hat es sich, ein Verhältnis d/s der Schichtdicke d zur Strukturtiefe s zwischen 0.05 und 0.9, bevorzugt zwischen 0.1 und 0.6 einzustellen. Der
15 für die Einstellung des Rückhaltevermögens von Schmiermitteln ebenso wie die Strukturtiefe und Geometrie wesentliche Flächendeckungsgrad, d.h. das Verhältnis der Oberfläche der Mikrostruktur- zur gesamten mit einem Strukturmuster versehenen Oberfläche, wurde zwischen 10 und
20 50% eingestellt, die besten Ergebnisse aber mit einem Flächendeckungsgrad von 15-35% erzielt.

Der Querschnitt der Vertiefungen wurde dabei für kleine Strukturen bzw. Strukturquerschnitte, d.h. Strukturen mit der grössten lateralen Abmessung zwischen 5 und 350 μm ,
25 kreisförmig, bevorzugt jedoch konisch gewählt. Vorteilhaft hat sich bei vielen Strukturen erwiesen, den Tangentialwinkel, d.h. den Winkel zwischen der Oberflächenhorizontalen und einer an der abfallenden Strukturflanke anliegend gedachten Geraden, möglichst flach
30 d.h. unter 20° , bevorzugt jedoch unter 10° bzw. 5° einzustellen.

Die Herstellung der Strukturen erfolgte mit einem Laserstrahl, wobei der Einfachheit halber vor allem kreisförmige Strukturen hergestellt wurden. Wie dem

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 4 -

Fachmann bekannt, können aber auch anders geformte Strukturen beispielsweise kreisförmige, elliptische, linienförmige, drei-, vier- oder mehreckige, oder auch komplexere Strukturen in einzelnen Anwendungsfällen
5 vorteilhaft eingesetzt werden.

Weiters ist es auch bekannt, ähnliche Strukturen durch mechanische Verfahren, wie beispielsweise mittels Prägen, Schleifen, Honen, ferner mittels mikromechanischer Verfahren, aber auch durch Ätzverfahren, die sich besonders
10 zum Herstellen von komplexen Strukturen eignen, herzustellen. Bei Letzteren können Plasmaätzverfahren oder chemische bzw. elektrochemische Ätzverfahren angewandt werden. Als Beispiel sei hier das Photolackverfahren genannt, bei dem nach Aufbringen eines photosensitiven
15 Lacks, dieser mit einem, bei Bedarf inversen, Strukturmuster belichtet wird. Das dadurch hergestellte zweidimensionale Strukturmuster kann in einem nachfolgenden Verfahrensschritt in die Oberfläche geätzt werden. Eine weitere Möglichkeit ist das selektive Aufbringen einer
20 ätzresistenten Lackschicht mittels unterschiedlicher Kaschiertechniken.

Zur Überprüfung der Eignung für den Einsatz mit strukturierten Oberflächen wurden vier unterschiedliche Gleitschichtsysteme, nämlich eine a-C:H- bzw. DLC-, d.h.
25 eine amorphe oder diamantartige Kohlenstoffschicht wie sie beispielsweise aus WO 0179585A1 bekannt ist, eine MeC/C-, d.h. eine Metall- bzw. Metallcarbid/Kohlenstoff-Schicht die auch Anteile an Wasserstoff enthält, eine Hartschicht aus TiAlN sowie eine hartschichtgestützte WC/C-Schicht
30 getestet.

Mit allen Schichttypen wurde in einem tribologischen Kugel/Scheibetest eine Erhöhung der Standzeit der beschichteten Scheiben erzielt. Mit der DLC-, als auch mit den WC/Kohlenstoff-Schichten wurde gleichzeitig auch der
35 Verschleiss der unbeschichteten Kugel herabgesetzt. Diese

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 5 -

Eigenschaft ist besonders für tribologisch beanspruchte Bauteile, in denen der Verschleiss des Gesamtsystems möglichst gering zu halten ist, von Bedeutung. Sowohl das Verschleissverhalten des unbeschichteten als auch des beschichteten Prüfkörpers wurde durch die zusätzliche Strukturierung in Abhängigkeit der Strukturtiefe bzw. des Zeitpunkts der Strukturierung, d.h. vor oder nach dem Beschichten, unterschiedlich stark verbessert.

Überraschenderweise zeigten sich dabei Strukturmuster mit Mikrostrukturen, die erst nach der Beschichtung angebracht wurden und sich in ihrer vertikalen Ausdehnung bis in das Grundmaterial des Werkstücks erstrecken, anderen Strukturen, die vor dem Beschichten oder nach dem Beschichten, dann aber mit einer vertikalen Ausdehnung, die geringer als die Schichtdicke ist, als überlegen. Dabei ist es von Bedeutung, dass die Mikrostrukturen im unteren Bereich unbeschichtet vorliegen. Daher ist es vorteilhaft, das Strukturmuster nach der Beschichtung zu erzeugen, da es sonst, zumindest bei relativ flachen Strukturen zu einer Beschichtung der gesamten Strukturkontur kommt. Wenn auch der genaue Grund dieses Verhaltens im Detail nicht bekannt ist, so könnte ein Grund in der unterschiedlichen Benetzbarkeit des Schicht- und des Grundwerkstoffmaterials gegenüber verschiedenen Schmierflüssigkeiten liegen. Beispielsweise zeigen obengenannte DLC-Schichten eine bessere Benetzbarkeit mit Mineralöl als Stähle.

Die Testergebnisse zeigten weiters überraschenderweise, dass mit DLC sowie mit Me/C-, MeC/C- bzw. WC/C-Gleitschichtsystemen beschichtete Werkstücke auch mit herkömmlich hergestellten Strukturen eine deutliche Verbesserung der tribologischen Eigenschaften im Vergleich zu strukturierten Hartschichten wie z.B. TiAlN bzw. vorbekannten strukturierten TiN-Schichten ermöglichen.

Wenn sich auch die Untersuchungen bis jetzt im wesentlichen auf oben erwähnte Schichtsysteme beschränkt haben, so ist

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 6 -

es doch für den Fachmann auf dem Gebiet der Gleit- bzw. Hartstoffbeschichtung leicht nachvollziehbar, dass für ein erfindungsgemässes Werkstück bzw. Verfahren auch andere Schichten geeignet sind. Beispielsweise sind insbesondere
5 für die Beschichtung von Bauteilen auch a-C:H:Si-, d.h. Silizium-/Kohlenstoff-Schichten, a-C:H:Si:Me-, d.h. Silizium-/Kohlenstoff-/Metall-Schichten, a-C:H/a-Si:O-, d.h. Kohlenstoff-/Siliziumoxid-Schichten, geeignet, die mit ähnlichen Eigenschaften wie oben erwähnte
10 kohlenstoffhaltige Schichten hergestellt werden können.

Weiters können neben dem hier genannten Wolfram auch andere Metalle, wie Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, oder Fe, bevorzugt aber Cr für die Me/C-, MeC/C- und a-C:H:Si:Me-Schichten verwendet werden. Ebenso ist eine Kombinationen von
15 mehreren Metallen möglich.

Andere Materialien, die für die Bildung zumindest der äussersten Schicht des Schichtsystems Vorteile bringen können sind MoS₂, WS₂, MoSe₂ oder WSe₂.

Vorteilhafterweise ist die erste Schicht des Schichtsystems
20 eine Haftschrift, bestehend aus einem oder mehreren Metallen der obengenannten Auswahl. Besteht das Schichtsystem aus wenigstens einer Hartschicht und wenigstens einer kohlenstoffhaltigen Gleitschicht, kann eine zusätzliche metallische Zwischenschicht, die
25 Hartschicht und Gleitschicht trennt, von Vorteil sein. Ebenso ist eine Kombinationen von mehreren Metallen insbesondere den oben genannten möglich.

Auch die Anwendung gradiertter Schichtübergänge kann zur Optimierung der Schichteigenschaften verwendet werden.
30 Beispielsweise ist es vorteilhaft, kohlenstoffhaltige Schichten mit einem von einer metallischen Haftschrift in Richtung zur Oberfläche ansteigenden Kohlenstoffanteil vorzusehen.

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 7 -

Die gesamte Schichtdicke des Schichtsystems kann je nach geplanter Anwendung zwischen 0.5-20 µm eingestellt werden. Auf Grund des häufig auch in geschmierten Tribosystemen auftretenden abrasiven Verschleisses durch eingeschleppte Partikel ist aber in vielen Fällen eine Mindestschichtdicke von einem Mikrometer zu bevorzugen. Auf Grund der Verfahrensökonomie beim Abscheiden von PVD-Schichten wird zumindest für Produkte der Massenfertigung eine maximale Schichtdicke von ca. 10µm in Betracht kommen.

- 5
10
15
- Besonders vorteilhaft können erfindungsgemäss strukturierte Schichten auf Bauteilen angewandt werden, die zumindest eine als Gleitfläche ausgebildete Funktionsfläche aufweisen. Beispiele dafür sind Gleitlager, Gleitdichtungen, Dichtungsringe, Kolbenringe, Tassenstössel, Kipphebel oder Kurbelwellen.

- Ebenso vorteilhaft können erfindungsgemäss strukturierte Schichten auf Werkzeuge angewandt werden, die zumindest eine als Gleitfläche ausgebildeten Funktionsfläche aufweisen. Beispiele hierfür sind insbesondere
- 20
- Schneidwerkzeuge mit zumindest einer Spanfläche für Dreh-, Räum- oder Fräsanwendungen bzw. Umformwerkzeuge mit zumindest einer Fliesspressfläche wie beispielsweise Kaltmassivumformwerkzeuge.

- Als Grundmaterial sind Stähle ebenso wie Hartmetalle
- 25
- geeignet. Wird die Strukturierung mit einem Laser durchgeführt, können auch keramische Werkstoffe und Sondermetalle problemlos strukturiert werden.

- In einem Ausführungsbeispiel zur Herstellung erfindungsgemässer Werkzeuge, Bauteile sowie Prüfkörper
- 30
- werden diese zunächst mit einem kombinierten PVD/CVD-Verfahren beschichtet, wobei ein Schichtsystem auf der Funktionsfläche abgeschieden wurde. Dabei wird zunächst eine Haftschrift mit einem PVD-Sputterprozess aufgebracht und anschliessend ein ansteigender Anteil

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 8 -

kohlenstoffhaltigen Gases dem Arbeitsgas zugemischt. Dieser Anteil wird beim Abscheiden von Metall/Kohlenstoff-Schichten bis zu einem gewünschten Maximalwert erhöht und anschliessend der Beschichtungsprozess gestoppt (reaktiver
5 PVD-Prozessschritt). Soll das Schichtsystem mit einer DLC-Schicht abschliessen, werden ab einem bestimmten Zeitpunkt der Sputterprozess gestoppt, eine gepulste Biasspannung ans Substrat angelegt und anschliessend die DLC-Schicht abgeschieden. Dieser letzte Prozessschritt entspricht einem
10 CVD-Verfahren, da hier keine physikalische Verdampfung mehr stattfindet. Weitere Angaben zu den angewandten Verfahren sind in den unten angeführten Beispielen zu finden.

Es versteht sich für den Fachmann von selbst, dass derartige Schichten auch mit reinen PVD- bzw. CVD-Prozessen
15 hergestellt werden können, jedoch bieten die in den Beispielen im Detail beschriebenen kombinierte Verfahren den Vorteil einer sehr grossen Prozessflexibilität und einer durch die PVD-Haftschrift besonders guten Haftung.

Die Strukturierung nach dem Aufbringen des Schichtsystems
20 auf zumindest einem Teil der Funktionsfläche(n) erfolgte mit Laserbearbeitungssystemen unterschiedlicher Firmen (z.B. Lambda Physik, SurTech, CMT Rickenbach). Dabei wurden unter anderem KrF Excimer Laser mit einer Wellenlänge von $\lambda=248$ nm und Energiedichten bis 6 J/cm^2 verwendet. Die
25 Punkte wurden mit einem Durchmesser zwischen 50-250 μm und einer Tiefe von 10-15 μm in kubischer sowie hexagonaler Anordnung und einem Deckungsgrad zwischen 10 bis 50% hergestellt.

Die Testreihen wurden grossteils mit kreisförmigen
30 Strukturen mit einem grösstem Durchmesser zwischen 80 bis 100 μm , in kubischer bzw. hexagonaler Anordnung und einem Flächendeckungsgrad zwischen 15 und 40 % durchgeführt. Diese Anordnung hat in davor durchgeführten Tests besonders gute Ergebnisse erzielt.

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 9 -

Ausführung der Erfindung in Beispielen**1) Strukturierung**

- Die Strukturierung erfolgte je nach Test vor bzw. nach Aufbringen des jeweiligen Schichtsystems. Dabei wurden mit
- 5 einem gepulsten, fokussierbaren Laser Strukturmuster folgender Strukturgeometrie eingebracht:

Tabelle 1) Strukturgeometrie

| | |
|-----------------|--|
| Lochtiefe | 8-15 um |
| Lochdurchmesser | 80-100 um |
| Bedeckungsgrad | 30% |
| Lochanordnung | hexagonale Anordnung, d.h. 60°-Winkel zwischen den Hauptachsen |
| Lochabstand a | 250 um |

2) Ermittlung des Reibwerts und Verschleisstests

- 10 Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Schichten wurde ein Kugel/Scheibe-Test durchgeführt, bei dem eine unbeschichtete Stahlkugel kreisförmig auf einer beschichteten strukturierten Stahlscheibe geführt wird. Dabei wurde der Reibwert, sowie der Verschleissdurchmesser
- 15 an der unbeschichteten Kugel gemessen. Bei Erreichen eines Reibwerts von 0.4 wurde der Test vorzeitig abgebrochen. Die Testparameter sind in folgender Tabelle aufgeführt:

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 10 -

Tabelle 2) Testparameter Tribotest Kugel-Scheibe

| | |
|-------------------------------|--|
| Mangelschmierung | Filterpapier wird durch Auftropfen mit Öl gesättigt, anschliessend auf die Probenoberfläche aufgelegt und für eine bestimmte Zeit mit Druck angepresst, so dass eine gleichmässige Verteilung des Ölfilms erfolgt. |
| Mineralölklasse | SAE 5W30 |
| Prüfkörper - Grundwerkstoff | Stahl 1.2842 (90MnCrV8), entspricht SAE (AISI) 52100 |
| Prüfk. Oberfläche | poliert, $R_a \leq 0.05$ |
| Prüfkörper Masse | $d = 22 \text{ mm}$, $h = 5.6 \text{ mm}$ |
| Kugel | Stahl, 100Cr6 |
| Kugeldurchmesser | 3 mm |
| Verschleissweg | ca. 2.2 km |
| Aussentemperatur | 21°C |
| Luftfeuchte rel. | 39% |
| Last | 30 N |
| Geschwindigkeit am Messradius | 30 cm/s |
| Messradius | 9 mm |

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 11 -

3) DLC-Schichten

Zum Aufbringen der Beschichtung wurden die Werkstücke vor bzw. nach dem Aufbringen der Struktur nach einem üblichen Reinigungsverfahren vorbehandelt, auf einem Substrathalter
5 befestigt und dieser in einer BAI 830-DLC Beschichtungsanlage doppelt drehend gehalten.

Kammerabmessungen (Neuneck): $d_i = 846 \text{ mm}$, $h = 920 \text{ mm}$

Kammervolumen: $V = 560 \text{ l}$

10 Plasmaquellen: - Zwei gegenüberliegende, am inneren Kammerumfang besfestigte Planarmagnetron-sputterquellen AK 618 ($h = 464 \text{ mm}$, $b = 146 \text{ mm}$) zum Aufbringen der Chromhaftsicht.
- Pulsgenerator zwischen Werkstückhalterung und Kammer geschaltet.

15 Die DLC-Schicht wurde gemäss einem aus WO 0179585A1 bekannten PVD/CVD-Verfahren mit einer Chromhaftsicht, einer Gradientenschicht und einer reinen DLC bzw. a:C-H-Schicht abgeschieden, wobei die Gesamtschichtdicke ca. $2 \mu\text{m}$ betrug. Die zur Abscheidung der a:C-H-Schicht verwendeten
20 Parameter sind in untenstehender Tabelle angegeben.

Tabelle 3) Herstellparameter a:C-H-Schicht

| | |
|---|-----------------------------------|
| Prozessdruck | $6,0 \times 10^{-3} \text{ mbar}$ |
| Gasfluss C_2H_2 | 280 sccm |
| Gasfluss Ar | 30 sccm |
| Pulsfrequenz (f) | 50 kHz |
| Pulsbreite negativer Puls (Tastverhältnis - 95%) | 19 μs |
| Pulsbreite positiven Puls (Tastverhältnis + 5%) | 1 μs |
| Pulspause (0%) | 0 μs |

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 12 -

| | |
|-------------------|--------|
| Biaspulsspannung | -900 V |
| Spulenstrom oben | 8 A |
| Spulenstrom unten | 2 A |
| Beschichtungszeit | 90 min |

An der abgeschiedenen DLC-Schicht wurde eine Schichthärte von 2500 HK_{0,05} gemessen. Es zeigte sich keine Erhöhung der Rauigkeit gegenüber unbeschichteten polierten Proben.

- 5 Reibwert und Ergebnisse der Verschleisstests der DLC-Schicht sind aus folgender Tabelle 4 zu entnehmen. Dabei zeigt sich, dass sich sowohl Reibkoeffizient als auch Verschleiss des Gegenkörpers bei zuerst beschichtet und anschliessend erfindungsgemäss strukturierten Oberflächen
- 10 (Spalte 5) verbessern, d.h. zu geringeren Werten verändern als beschichtete unstrukturierte (Spalte 3) bzw. zuerst strukturierte und anschliessend beschichtete Oberflächen (Spalte 4).

Tabelle 4) Reibwerte und Verschleisstest der DLC-Schicht

| Ergebnisse DLC | unbeschi chtet | beschich tet | strukturiert & beschichtet | beschichtet & strukturiert |
|-------------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Reibwert trocken | 0,6 | 0,16 | 0,15 | 0,13 |
| Reibwert mangel- geschmiert | 0,1 | 0,08 | 0,06 | 0,058 |
| Verschleiss- durchmesser [µm] | Fressen | 586 | 380 | 243 |

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 13 -

Ähnlich gute Ergebnisse wurden auch mit DLC-Schichten erzielt, auf deren Oberfläche noch eine zusätzliche Gleitschicht mit einer geringeren Härte abgeschieden wurde. Beispiele zur Herstellung solcher Schichten finden sich
5 ebenfalls in oben erwähnter Anmeldung.

4) MeC:C-H-Schichten

Zum Aufbringen der Beschichtung wurden die Werkstücke gereinigt auf einem Substrathalter befestigt und in einer BAI 830C Beschichtungsanlage doppelt drehend gehalten.

10 Diese Beschichtungsanlage weist im wesentlichen dieselbe Geometrie, wie die unter 3) beschrieben auf, unterscheidet sich aber dadurch, dass zu den zwei mit Cr-Targets bestückten Planarmagnetronsputterquellen weitere sechs mit reinem WC- bzw. Co-gebundene WC-Targets bestückte Quellen
15 gleichen Typs am inneren Kammerumfang befestigt sind. Weiters ist an dieser Anlage eine DC-Bias-, aber keine Pulsbiasversorgung vorgesehen.

Nach Durchführung eines bekannten Plasmaheiz- und eines Plasmaätzprozesses, bei dem der Werkstückträger zunächst an
20 den positiven und anschliessend an den negativen Pol einer Gleichspannungsquelle gelegt wird, während gleichzeitig ein Niedervoltbogen in der Anlagenachse betrieben wird, wird eine Chromhaftschrift unter Anlegen eines negativen Substrabias (-75V) aufgesputtert. Anschliessend wird eine
25 MeC:C-H-Schicht mit zur Oberfläche ansteigenden Kohlenstoffgehalt aufbracht. Die zur Abscheidung der abschliessenden MeC:C-H-Schicht verwendeten Parameter sind in untenstehender Tabelle angegeben. Eine derartige Schicht ist auch unter dem Markennamen Balinit Kohlenstoff bekannt.

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 14 -

Tabelle 5) Herstellparameter MeC:C-H-Schicht

| | |
|--|-----------------------------|
| Prozessdruck | 2-5 x 10 ⁻³ mbar |
| Gesamtzeit WC-Sputtern | 90 min |
| Leistung / Target (x6) | 3 kW |
| Start C ₂ H ₂ -Fluss nach | 9 min |
| C ₂ H ₂ Rampe 1 (0-200 sccm) | 16 min |
| Zeit mit f C ₂ H ₂ = 200 sccm | 39 min |
| C ₂ H ₂ Rampe 2 (200-225 sccm) | 16 min |
| Zeit mit f C ₂ H ₂ = 225 sccm | 10 min |
| Gasfluss Ar | 115 sccm |

An der abgeschiedenen WC:C-H-Schicht wurde eine Schichtdicke von 2.0 µm und eine Schichthärte von 1000 HK_{0.05} gemessen. Es zeigte sich eine Erhöhung der Rauigkeit um ca. 0.01-0.02 Ra gegenüber unbeschichteten polierten Proben.

Reibwert und Ergebnisse der Verschleisstests der MeC:C-H-Schicht sind aus folgender Tabelle 6 zu entnehmen. Auch hier zeigt sich die nachträglich erfindungsgemäss strukturierte Schicht der herkömmlich strukturierten Schicht überlegen.

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 15 -

Tabelle 6) Reibwerte und Verschleisstest der MeC:C-H-Schicht

| Ergebnisse MeC:C-H | beschichtet | strukturiert & beschichtet | Beschichtet & strukturiert |
|--|-------------|----------------------------|----------------------------|
| Reibwert trocken | 0,13 | 0,12 | 0,12 |
| Reibwert mangelgeschmiert | 0,08 | 0,06 | 0,05 |
| Verschleissdurchmesser [μm] | 487 | 290 | 182 |

5) TiAlN-Schichten

- 5 Zum Aufbringen einer vergleichenden Beschichtung mit einem Hartschichtsystem wurden die Werkstücke gereinigt auf einem Substrathalter befestigt und in einer BAI 1200 Arc-Beschichtungsanlage doppelt drehend gehalten.

Kammerabmessungen: $d_i = 1.200 \text{ mm}$, $h = 1.272 \text{ mm}$

- 10 Kammervolumen: $V = 1650 \text{ l}$

- Plasmaquellen: - acht am inneren Kammerumfang in zwei unterschiedlichen Ebenen besfestigte Arcquellen mit einem Targetdurchmesser von 154 mm. Davon jeweils vier (zwei oben, zwei unten) mit Ti- bzw. $\text{Ti}_{0,5}\text{Al}_{0,5}$ -Targets bestückt.

- 15 - seitlich angebrachte Niedervoltbogen-vorrichtung für Vorbehandlungsschritte sowie Heizstrahler, um die Werkstücke auf 20 Temperaturen bis zu 500°C zu bringen.

Das aufgebrachte Schichtsystem besteht aus einer TiN-Haftschrift, einem Multilayer mit einer Schichtabfolge alternierender TiAlN-Schichten mit unterschiedlichem Ti/Al-

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 16 -

Verhältnis, sowie einer TiAlN-Deckschicht. Details können der folgenden Tabelle 7) entnommen werden.

Tabelle 7) Herstellparameter TiAlN-Schicht

| Parameter | TiN Haftschicht t | (Ti _{0,3} Al _{0,1})N - schicht | (Ti _{0,6} Al _{0,4})N - schicht | (Ti _{0,6} Al _{0,4})N - Deckschicht t |
|---------------------------|-------------------------|--|--|--|
| t _{coat} [min] | 10 | 4 x 6 | 12 x 5 | 46 |
| Schichtanzahl | 1 | 6 | 5 | 1 |
| P _{sz} [mbar] | 8 · 10 ⁻³ | 3,2 · 10 ⁻² | 3,2 · 10 ⁻² | 3,2 · 10 ⁻² |
| I _{Ti} [A] | 170 | 200 | 0 | 0 |
| I _{TiAl} [A] | 0 | 200 | 200 | 200 |
| U _{Substrat} [V] | - 200 | - 40 | -40 | -40 |

- 5 An der abgeschiedenen TiAlN-Schicht wurde eine Schichtdicke von 2.5 µm und eine Schichthärte von 3000 HK_{0,05} gemessen. Die Erhöhung der Rauigkeit lag zwischen 0.06-0.20 Ra gegenüber unbeschichteten polierten Proben.

Tabelle 8) Reibwerte und Verschleisstest der TiAlN-Schicht

| Ergebnisse TiAlN | beschichtet | strukturiert & beschichtet | beschichtet & strukturiert |
|------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Reibwert trocken | 0,4 | 0,35 | 0,33 |
| Reibwert mangelgeschmiert | 0,1 | 0,09 | 0,08 |
| Verschleissdurchmesser [µm] | 721 | 632 | 543 |

- 10 Auch bei Verwendung einer wie oben beschriebenen reinen Hartstoffbeschichtung als Schichtsystem konnte gegenüber

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 17 -

bekannten, zunächst strukturierten und anschliessend beschichteten Werkstücken eine Verbesserung durch eine erfindungsgemässe nachträgliche Strukturierung der Schicht erreicht werden.

5 6) TiAlN/MeC:C-H-Schichten

Zur Herstellung von TiAlN/MeC:C-H-Schichten wurde auf eine nach 5) hergestellte TiAlN-Schicht eine gemäss 4) abgeschiedene WC:C-H-Schicht aufgebracht.

- 10 An den abgeschiedenen TiAlN/MeC:C-H-Schichten wurde eine Schichtdicke von ca. 4.5 μm und eine Schichthärte von 1500 HK_{0,05} gemessen. Die Erhöhung der Rauigkeit lag zwischen 0.06-0.20 Ra gegenüber unbeschichteten polierten Proben.

- 15 Die Ergebnisse in Tabelle 9 zeigen gegenüber den Ergebnissen der MeC:C-H-Schicht in Tabelle 6 einen etwas höheren Verschleiss und Reibkoeffizienten, was vermutlich auf die grössere Schichtrauhigkeit zurückzuführen ist.

Tabelle 9) Reibwerte und Verschleisstest der TiAlN/MeC:C-H-Schicht

| Ergebnisse TiAlN/ MeC:C-H | beschicht et | strukturiert & beschichtet | Beschichtet & strukturiert |
|---|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Reibwert trocken | 0,15 | 0,14 | 0,14 |
| Reibwert mangelgeschmiert | 0,08 | 0,06 | 0,055 |
| Verschleissdurch- messer [μm] | 512 | 329 | 255 |

- 20 Für alle Schichten 3) bis 6) ergab sich eine ausgezeichnete Haftung auf dem Substrat (HF1 gemessen nach VDI 3198).

Weiters ist zu erkennen, dass bei erfindungsgemässen kohlenstoffhaltigen Schichtsystemen auch bei einer an und

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 18 -

für sich bekannten Strukturierung, wie beispielsweise vor
Abscheidung der Schicht, im Vergleich zu reinen
Hartstoffschichten wie TiAlN in Beispiel 5), deutlich
bessere Verschleisseigenschaften und ein geringerer
5 Reibkoeffizient erzielt werden.

Zeichnungen

- In den folgenden Zeichnungen wird der Stand der Technik
sowie verschiedene bevorzugte Ausführungsformen der
10 Erfindung beispielhaft erläutert. Dabei zeigt:
- Fig. 1 einen Schnitt durch eine bekannte Mikrostruktur,
Fig. 2 einen Schnitt durch eine andere bekannte
Mikrostruktur,
Fig. 3 einen Schnitt durch eine erfindungsgemässe
15 Mikrostruktur,
Fig. 4 einen Schnitt durch eine kreisförmige
Mikrostruktur,
Fig. 5 einen Schnitt durch eine konischer Mikrostruktur,
Fig. 6 eine Aufsicht eines kubischen Strukturmusters mit
20 kreisförmigen Mikrostrukturen,
Fig. 7 eine Aufsicht eines hexagonalen Strukturmusters
mit kreisförmigen Mikrostrukturen.

Der in Fig. 1 dargestellte Schnitt zeigt eine bekannte
Oberflächenstruktur 3 auf einem mit einer Funktionsschicht
25 2 beschichteten Werkstück 1. Dabei wurde zunächst auf dem
unbeschichteten Körper eine Struktur erzeugt und
anschliessend die Schicht aufgebracht.

Der in Fig. 2 dargestellte Schnitt zeigt eine andere
bekannte Oberflächenstruktur 3', die nachträglich in die
30 Funktionsschicht aufgebracht wurde. Die Strukturtiefe ist
dabei geringer als die Schichtdicke.

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 19 -

Der in Fig. 3 dargestellte Schnitt zeigt eine erfindungsgemässe Mikrostruktur 5 mit einem Schichtsystem 4 auf einem Werkstück 1. Dabei wird die Strukturtiefe s in einem, wie oben beschrieben, bestimmten Verhältnis zur Schichtdicke d gewählt.

Fig. 4 zeigt Mikrostrukturen 5' mit kreisförmigen, Fig. 5 Mikrostrukturen 5'' mit konischem Querschnitt, wobei zwischen einer abfallenden Strukturflanke und der Oberflächenhorizontalen ein Tangentialwinkel α eingeschlossen wird.

Fig. 6 und 7 dienen der Erläuterung der bevorzugten kubischen bzw. hexagonalen Anordnungen erfindungsgemässer Oberflächenstrukturen mit Lochabstand (Zentrum zu Zentrum) von a bzw. a' .

15

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 20 -

Patentansprüche

1. Werkstück (1) mit zumindest einer Funktionsfläche und einem wenigstens auf einem Teil der Funktionsfläche abgelegten Schichtsystem (4), sowie einem Strukturmuster, das zumindest einen Teil des Schichtsystems (4) umfasst und aus wenigstens einer dreidimensionalen Mikrostruktur (5) mit Strukturtiefe S besteht, dadurch gekennzeichnet, dass die dreidimensionale Mikrostruktur (5) sich von der Oberfläche des Schichtsystems (4) bis in das Werkstück erstreckt, so dass dieses in einem unteren Bereich der Mikrostruktur (5) unbeschichtet vorliegt.
2. Werkstück nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die äusserste Schicht des Schichtsystems (4) zumindest eine kohlenstoffhaltige Gleitschicht wie eine Me/C-, eine MeC/C-, eine SiC/C- eine DLC-, eine a-C:H:Si-, eine a-C:H:Si:Me- oder eine a-C:H/a-Si:O-Schicht, bevorzugt aber eine WC/C- oder eine DLC-Schicht umfasst.
3. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der Schichtdicke d des Schichtsystems (4) zur Strukturtiefe S zwischen 0.05 und 0.9, bevorzugt zwischen 0.1 und 0.6 liegt.
4. Werkstück (1) mit zumindest einer Funktionsfläche und einem wenigstens auf einem Teil der Funktionsfläche abgelegten Schichtsystem (4), sowie einem Strukturmuster das zumindest einen Teil des Schichtsystems (4) umfasst und aus wenigstens einer dreidimensionalen Mikrostruktur (5) mit Strukturtiefe S besteht, und das Schichtsystem zumindest eine kohlenstoffhaltige Gleitschicht wie eine SiC/C-, eine a-C:H:Si-, eine a-C:H:Si:Me- oder eine a-C:H/a-Si:O-Schicht, bevorzugt aber eine DLC, eine Me/C-, eine

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 21 -

MeC/C-, insbesondere eine WC/C-Schicht umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der Schichtdicke d des Schichtsystems (4) zur Strukturtiefe S zwischen 0.05 und 0.9, bevorzugt zwischen 0.1 und 0.6 liegt.

5. Werkstück nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Me/C-, MeC/C-, bzw. a-C:H:Si:Me-Gleitschicht zumindest eines der Metalle Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, oder Fe, bevorzugt aber W oder Cr umfasst.
6. Werkstück nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die kohlenstoffhaltige Schicht eine metallische Haftschrift und einen von der Haftschrift zur Oberfläche ansteigenden Kohlenstoffgehalt aufweist.
7. Werkstück nach einem der Ansprüche 1. und 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die äußerste Schicht des Schichtsystems eine MoS₂-, eine WS₂-, eine MoSe₂- oder eine WSe₂-Gleitschicht umfasst.
8. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Schichtsystem zumindest eine Hartschicht und zumindest eine darauf abgelegte Gleitschicht umfasst.
9. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke des Schichtsystems zwischen 0.5-20 µm, bevorzugt zwischen 1-10 µm liegt.
10. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Strukturmuster in Draufsicht aus einer Vielzahl im wesentlichen punktförmiger Vertiefungen besteht, die ihrerseits kreisförmig, elliptisch, linienförmig, in Form von Vielecken oder als hexagonale bzw. kubische Punktmuster angeordnet sind.

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 22 -

11. Werkstück nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Vertiefungen ihrerseits in Draufsicht kreisförmige, elliptische oder vieleckige Ausformungen besitzen.
12. Werkstück nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Strukturmuster aus kreisförmigen, elliptischen, vieleckigen, geraden oder wellenförmigen Linien gebildet ist.
13. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem vom Strukturmuster umfassten Teil des Schichtsystems der Flächendeckungsgrad zwischen 10-50%, bevorzugt zwischen 15-35% der mikrostrukturierten Oberfläche liegt.
14. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt der Vertiefungen (5) im wesentlichen kreisförmig (5'), bevorzugt jedoch im wesentlichen konisch (5'', 5''') ist.
15. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein zwischen der Oberflächenhorizontalen und einer abfallenden Strukturflanke anliegender Tangentialwinkel α kleiner 15°, bevorzugt jedoch kleiner 10° ist.
16. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Strukturmuster des Schichtsystems kreisförmige Strukturen (5) mit einem an der Oberfläche gemessenen Durchmesser von 5 bis 350 μm , bevorzugt jedoch 80 bis 250 μm , umfasst und einen Flächendeckungsgrad von 10 bis 50 %, bevorzugt jedoch zwischen 15 bis 40 % hat.
17. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück ein Bauteil mit zumindest einer als Gleitfläche ausgebildeten

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 23 -

Funktionsfläche, insbesondere ein Gleitlager, eine Gleitdichtung, ein Dichtungsring, ein Kolbenring, ein Tassenstößel, ein Kipphebel oder eine Kurbelwelle ist.

18. Werkstück nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück ein Werkzeug mit zumindest einer als Gleitfläche ausgebildeten Funktionsfläche, insbesondere ein Schneidwerkzeug mit zumindest einer Spanfläche oder ein Umformwerkzeug mit zumindest einer Fliesspressfläche ist.
19. Verfahren zur Herstellung eines Werkstücks mit zumindest einer Funktionsfläche, wobei wenigstens auf einem Teil der Funktionsfläche zunächst ein Schichtsystem abgelegt und dieses anschliessend durch einen oder mehrere Strukturierungsschritte mikrostrukturiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Strukturierungsschritte so gewählt werden, dass sowohl das Schichtsystem als auch die Werkstückoberfläche mikrostrukturiert werden.
20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Strukturierungsschritt so gewählt wird, dass das Verhältnis der Schichtdicke d des Schichtsystems (4) zur Strukturtiefe S zwischen 0.05 und 0.9, bevorzugt zwischen 0.1 und 0.6 liegt.
21. Verfahren zur Herstellung eines Werkstücks mit zumindest einer Funktionsfläche und einem darauf abgelegten mikrostrukturierten Schichtsystem (4), wobei wenigstens auf einem Teil der Funktionsfläche zunächst die Oberfläche des Werkstücks durch einen oder mehrere Strukturierungsschritte mikrostrukturiert und anschliessend ein Schichtsystem abgelegt wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der Schichtdicke d des Schichtsystems (4) zur Strukturtiefe S zwischen 0.05 und 0.9, bevorzugt zwischen 0.1 und 0.6 eingestellt wird.

WO 03/091474

PCT/CH03/00262

- 24 -

22. Verfahren nach Ansprüchen 119-21, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Strukturierungsschritt so gewählt wird, dass ein Flächendeckungsgrad von 10 bis 50 %, bevorzugt jedoch zwischen 15 bis 40 % eingestellt wird.
23. Verfahren nach Ansprüchen 19-22, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Strukturierungsschritt eine mikromechanische, bevorzugt aber eine Bearbeitung mit einem Laserstrahl umfasst.
24. Verfahren nach Ansprüchen 19-23, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Strukturierungsschritt ein Plasmaätzen, ein chemisches Ätzen, bzw. ein elektrochemisches Ätzen umfasst.
25. Verfahren nach Ansprüchen 19-24, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Strukturierungsschritt das Aufbringen einer ätzresistenten Lackschicht mit einem zweidimensionalen Strukturmuster auf die Oberfläche des Schichtsystems bzw. des Werkstücks umfasst.
26. Verfahren nach Ansprüchen 19-25, dadurch gekennzeichnet, dass das Ablegen des Schichtsystems mittels eines PVD-, eines CVD-, bevorzugt aber mittels eines kombinierten PVD/ CVD-Verfahrens erfolgt.
27. Verfahren nach Ansprüchen 19-26, dadurch gekennzeichnet, dass ein Schichtsystem mit zumindest einer kohlenstoffhaltigen Gleitschicht wie eine SiC/C-, eine a-C:H:Si-, eine a-C:H:Si:Me- oder eine a-C:H/a-Si:O-Schicht, bevorzugt aber eine DLC, eine Me/C-, eine MeC/C-, insbesondere eine WC/C-Schicht abgelegt wird.
28. Verfahren nach Ansprüchen 19-27, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke des Schichtsystems zwischen 0.5-20 µm, bevorzugt zwischen 1-10 µm eingestellt wird.

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/CH 03/00262

I. Grundlage des Berichts

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):

Beschreibung, Seiten

1-19 in der ursprünglich eingereichten Fassung

Ansprüche, Nr.

1-28 eingegangen am 06.07.2004 mit Telefax

Zeichnungen, Blätter

1/3-3/3 in der ursprünglich eingereichten Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um:

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung, Seiten:
- ☐ Ansprüche, Nr.:
- ☐ Zeichnungen, Blatt:

**INTERNATIONALER VORLÄUFIGER
PRÜFUNGSBERICHT**Internationales Aktenzeichen **PCT/CH 03/00262**

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen.)

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung
- | | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Neuheit (N) | Ja: Ansprüche 2,4-8,19-28 |
| | Nein: Ansprüche 1,3,9-18 |
| Erfinderische Tätigkeit (IS) | Ja: Ansprüche |
| | Nein: Ansprüche 2,4-8,19-28 |
| Gewerbliche Anwendbarkeit (IA) | Ja: Ansprüche: 1-28 |
| | Nein: Ansprüche: |

2. Unterlagen und Erklärungen:

siehe Beiblatt

**INTERNATIONALER VORLÄUFIGER
BERICHT ZUR PATENTIERBARKEIT
(BEIBLATT)**

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 03/00262

Zu Punkt V

Begründete Feststellung nach Regel 66.2(a)(ii) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

- D1: DE 36 34 708 A (GOETZE AG) 28. April 1988 (1988-04-28)
- D2: US-A-4 661 064 (BELTRAMINI GIORGIO) 28. April 1987 (1987-04-28)
- D3: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 554 (C-1118), 6. Oktober 1993 (1993-10-06) & JP 05 156425 A (SEIKO EPSON CORP), 22. Juni 1993 (1993-06-22)
- D4: WO 98 14710 A (KINROT OFER ;ETSION IZHAK (IL); FRIEDMAN MARK M (IL); SURFACE TECH) 9. April 1998 (1998-04-09) in der Anmeldung erwähnt
- D5: WO 01 79585 A (WOHLRAB CHRISTIAN ;MASSLER ORLAW (AT); MICHLER UNAXIS) 25. Oktober 2001 (2001-10-25) In der Anmeldung erwähnt
- D6: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 414 (C-635), 13. September 1989 (1989-09-13) & JP 01 152298 A (NIPPON PISTON RING CO LTD), 14. Juni 1989 (1989-06-14)
- D7: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 09, 13. Oktober 2000 (2000-10-13) & JP 2000 178720 A (SUMITOMO METAL MINING CO LTD), 27. Juni 2000 (2000-06-27)
- D8: US-A-4 636 285 (TARUMOTO KOUJI ET AL) 13. Januar 1987 (1987-01-13)

2. Neuheit:

- 2.1 Dokument D1 offenbart (Ansprüche, Abbildungen) ein Werkstück mit einer Funktionsfläche und einem darauf abgelegten Schichtsystem (z.B. Hartchromschichten), das eine dreidimensionale Mikrostruktur aufweist mit einer Strukturtiefe S die bis in den Grundwerkstoff des Werkstückes hineinreicht. Die Chromschichtdicke hat die übliche Stärke von bis zu 300 um (Spalte 3, Zeilen 18-19) und der Lochdurchmesser ist über 100 um (Spalte 3, Zeilen 22-23).

Das Verfahren wie nun in Ansprüchen 19-28 definiert unterscheidet sich von D1 dadurch, daß das Schichtsystem mittels PVD/CVD- Verfahren abgelegt wird, anstatt galvanisch wie in D1 erwähnt. Der Strukturierungsschritt erfolgt wie auch in

**INTERNATIONALER VORLÄUFIGER
BERICHT ZUR PATENTIERBARKEIT
(BEIBLATT)**

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 03/00262

D1 erwähnt, bevorzugt über eine Bearbeitung mit einem Laserstrahl. Es ist fraglich, inwieweit am fertigen Werkstück festgestellt werden kann, daß das Schichtsystem mittels unterschiedlicher Verfahren (galvanisch- PVD/CVD) aufgebracht wurde. Solange nicht mit Sicherheit davon ausgegangen werden kann, daß mittels verschiedener Verfahren aufgetragene Schichtsysteme tatsächlich unterscheidbar sind, kann die unterschiedliche Herstellungsweise nicht als Unterscheidungsmerkmal für das Produkt bzw. Werkstück angesehen werden.

Da der Strukturierungsschritt der gleiche ist wie in D1 beschrieben, kann davon ausgegangen werden, daß auch Werkstücke erhalten werden, die auch die Parameter der Ansprüche 13 und 15 erfüllen.

Mit dieser Offenbarung ist zumindest der Gegenstand der Produkt- Ansprüche 1, 3, 9-18 vorweggenommen (Art. 33(2) PCT).

- 2.2 Bedingt durch die sehr allgemein gehaltene Formulierung des Hauptanspruchs 1 (Produkt) wird dieser auch von D2 (siehe Abbildungen, Spalte 3, Zellen 8-36) und D3 vorweggenommen (Art. 33(2) PCT).

3. Erfinderische Tätigkeit

Bei den speziellen Ausführungsformen wie sie in Ansprüchen 2, 4-8, 19-28 beschrieben werden, handelt es sich um Abänderungen wie sie auf diesem Gebiet üblich sind.

Dokument D1 kann als nächstliegender Stand der Technik für die oben erwähnten Ansprüche angesehen werden.

Der Gegenstand der Ansprüche 2, 4-8 unterscheidet sich von D1 dadurch, daß eine spezielle Gleitschicht vorhanden ist. Solche Gleitschichten zur Verbesserung der Verschleisseigenschaften bei Gleitbeanspruchung sind im Stand der Technik auch bekannt (siehe D5, D6, D7) und können damit nicht zu einer erfinderischen Tätigkeit beitragen.

Der Gegenstand der Ansprüche 19-28 unterscheidet sich von D1 dadurch, daß das Schichtsystem mittels eines PVD/CVD Verfahren aufgebracht wird, anstatt galvanisch. Solche Verfahren sind im Stand der Technik üblich (siehe z.B. D5). Es sind anscheinend auch keine technischen Effekte mit diesem

**INTERNATIONALER VORLÄUFIGER
BERICHT ZUR PATENTIERBARKEIT
(BEIBLATT)**

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 03/00262

Unterscheidungsmerkmal verbunden. Damit kann die objektiv zu lösende Aufgabe nur darin gesehen werden, ein weiteres Verfahren bereitzustellen zur Herstellung eines Werkstücks das ein strukturiertes Schichtsystem aufweist. Das Schichtsystem mittels eines anderen, im Stand der Technik üblichen, Verfahren aufzutragen muß als naheliegend angesehen werden.

Das Aufbringen einer ätzresistenten Lackschicht aus D8 (Spalte 3, Zeile 22ff.) bekannt, was zur Folge hat, daß der Gegenstand des Anspruchs 25 durch D8 nahegelegt wird.

Der Gegenstand der Ansprüche 2, 4-8 und 19-28 erfüllt somit nicht die Erfordernisse des Art. 33(3) PCT.

amended claims

- 20 neu -

Patentansprüche (geändert)

1. Werkstück (1) mit zumindest einer Funktionsfläche und einem wenigstens auf einem Teil der Funktionsfläche abgelegten Schichtsystem (4), sowie einem Strukturmuster, das zumindest einen Teil des Schichtsystems (4) umfasst und aus wenigstens einer dreidimensionalen Mikrostruktur (5) mit Strukturtiefe S besteht, dadurch gekennzeichnet, dass das abgelegte Schichtsystem mit PVD-, CVD- bzw. kombinierten PCD/CVD-Verfahren abgeschieden wird und die dreidimensionale Mikrostruktur (5) sich von der Oberfläche des Schichtsystems (4) bis in das Werkstück erstreckt, so dass dieses in einem unteren Bereich der Mikrostruktur (5) unbeschichtet vorliegt.
2. Werkstück nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die äußerste Schicht des Schichtsystems (4) zumindest eine kohlenstoffhaltige Gleitschicht wie eine Me/C-, eine MeC/C-, eine SiC/C-, eine DLC-, eine a-C:H:Si-, eine a-C:H:Si:Me- oder eine a-C:H/a-Si:O-Schicht, bevorzugt aber eine WC/C- oder eine DLC-Schicht umfasst.
3. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der Schichtdicke d des Schichtsystems (4) zur Strukturtiefe S zwischen 0.05 und 0.9, bevorzugt zwischen 0.1 und 0.6 liegt.
4. Werkstück (1) mit zumindest einer Funktionsfläche und einem wenigstens auf einem Teil der Funktionsfläche abgelegten Schichtsystem (4), sowie einem Strukturmuster, das zumindest einen Teil des Schichtsystems (4) umfasst und aus wenigstens einer dreidimensionalen Mikrostruktur (5) mit Strukturtiefe S besteht, und das Schichtsystem zumindest eine kohlenstoffhaltige Gleitschicht wie eine SiC/C-, eine a-C:H:Si-, eine a-

- 21 neu -

- C:H:Si:Me- oder eine a-C:H/a-Si:O-Schicht, bevorzugt aber eine DLC, eine Me/C-, eine MeC/C-, insbesondere eine WC/C-Schicht umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der Schichtdicke d des Schichtsystems (4) zur Strukturtiefe S zwischen 0.05 und 0.9, bevorzugt zwischen 0.1 und 0.6 liegt.
5. Werkstück nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Me/C-, MeC/C-, bzw. a-C:H:Si:Me-Gleitschicht zumindest eines der Metalle Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, oder Fe, bevorzugt aber W oder Cr umfasst.
 6. Werkstück nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die kohlenstoffhaltige Schicht eine metallische Haftschrift und einen von der Haftschrift zur Oberfläche ansteigenden Kohlenstoffgehalt aufweist.
 7. Werkstück nach einem der Ansprüche 1 und 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die äusserste Schicht des Schichtsystems eine MoS₂-, eine WS₂-, eine MoSe₂- oder eine WSe₂-Gleitschicht umfasst.
 8. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Schichtsystem zumindest eine Hartschicht und zumindest eine darauf abgelegte Gleitschicht umfasst.
 9. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke des Schichtsystems zwischen 0.5-20 µm, bevorzugt zwischen 1-10 µm liegt.
 10. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Strukturmuster in Draufsicht aus einer Vielzahl im wesentlichen punktförmiger Vertiefungen besteht, die ihrerseits kreisförmig, elliptisch, linienförmig, in Form von

- 22 neu -

Vielecken oder als hexagonale bzw. kubische Punktmuster angeordnet sind.

11. Werkstück nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Vertiefungen ihrerseits in Draufsicht kreisförmige, elliptische oder vieleckige Ausformungen besitzen.
12. Werkstück nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Strukturmuster aus kreisförmigen, elliptischen, vieleckigen, geraden oder wellenförmigen Linien gebildet ist.
13. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem vom Strukturmuster umfassten Teil des Schichtsystems der Flächendeckungsgrad zwischen 10-50%, bevorzugt zwischen 15-35% der mikrostrukturierten Oberfläche liegt.
14. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt der Vertiefungen (5) im wesentlichen kreisförmig (5'), bevorzugt jedoch im wesentlichen konisch (5'', 5''') ist.
15. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein zwischen der Oberflächenhorizontalen und einer abfallenden Strukturflanke anliegender Tangentialwinkel α kleiner 15°, bevorzugt jedoch kleiner 10° ist.
16. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Strukturmuster des Schichtsystems kreisförmige Strukturen (5) mit einem an der Oberfläche gemessenen Durchmesser von 5 bis 350 μm , bevorzugt jedoch 80 bis 250 μm , umfasst und einen Flächendeckungsgrad von 10 bis 50 %, bevorzugt jedoch zwischen 15 bis 40 % hat.

- 23 neu -

17. Werkstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück ein Bauteil mit zumindest einer als Gleitfläche ausgebildeten Funktionsfläche, insbesondere ein Gleitlager, eine Gleitdichtung, ein Dichtungsring, ein Kolbenring, ein Tassenstößel, ein Kipphebel oder eine Kurbelwelle ist.
18. Werkstück nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück ein Werkzeug mit zumindest einer als Gleitfläche ausgebildeten Funktionsfläche, insbesondere ein Schneidwerkzeug mit zumindest einer Spanfläche oder ein Umformwerkzeug mit zumindest einer Fließpressfläche ist.
19. Verfahren zur Herstellung eines Werkstücks mit zumindest einer Funktionsfläche, wobei wenigstens auf einem Teil der Funktionsfläche zunächst ein Schichtsystem mittels PVD-, CVD oder kombiniertem PVD/CVD-Verfahren abgelegt und dieses anschliessend durch einen oder mehrere Strukturierungsschritte mikrostrukturiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Strukturierungsschritte so gewählt werden, dass sowohl das Schichtsystem als auch die Werkstückoberfläche mikrostrukturiert werden.
20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Strukturierungsschritt so gewählt wird, dass das Verhältnis der Schichtdicke d des Schichtsystems (4) zur Strukturtiefe S zwischen 0.05 und 0.9, bevorzugt zwischen 0.1 und 0.6 liegt.
21. Verfahren zur Herstellung eines Werkstücks mit zumindest einer Funktionsfläche und einem darauf abgelegten mikrostrukturierten Schichtsystem (4), wobei wenigstens auf einem Teil der Funktionsfläche zunächst die Oberfläche des Werkstücks durch einen oder mehrere Strukturierungsschritte mikrostrukturiert und anschliessend ein Schichtsystem abgelegt wird, dadurch

- 24 neu -

- gekennzeichnet, dass das Schichtsystem mittels PVD-, CVD oder kombiniertem PVD/CVD-Verfahren abgelegt wird und das Verhältnis der Schichtdicke d des Schichtsystems (4) zur Strukturtiefe S zwischen 0.05 und 0.9, bevorzugt zwischen 0.1 und 0.6 eingestellt wird.
22. Verfahren nach Ansprüchen 19-21, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Strukturierungsschritt so gewählt wird, dass ein Flächendeckungsgrad von 10 bis 50 %, bevorzugt jedoch zwischen 15 bis 40 % eingestellt wird.
23. Verfahren nach Ansprüchen 19-22, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Strukturierungsschritt eine mikromechanische, bevorzugt aber eine Bearbeitung mit einem Laserstrahl umfasst.
24. Verfahren nach Ansprüchen 19-23, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Strukturierungsschritt ein Plasmaätzen, ein chemisches Ätzen, bzw. ein elektrochemisches Ätzen umfasst.
25. Verfahren nach Ansprüchen 19-24, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Strukturierungsschritt das Aufbringen einer ätzresistenten Lackschicht mit einem zweidimensionalen Strukturmuster auf die Oberfläche des Schichtsystems bzw. des Werkstücks umfasst.
26. Verfahren nach Ansprüchen 19-25, dadurch gekennzeichnet, dass das Ablegen des Schichtsystems mittels eines PVD-, eines CVD-, bevorzugt aber mittels eines kombinierten PVD/ CVD-Verfahrens erfolgt.
27. Verfahren nach Ansprüchen 19-26, dadurch gekennzeichnet, dass ein Schichtsystem mit zumindest einer kohlenstoffhaltigen Gleitschicht wie eine SiC/C-, eine a-C:H:Si-, eine a-C:H:Si:Me- oder eine a-C:H/a-Si:O-Schicht, bevorzugt aber eine DLC, eine Me/C-, eine MeC/C-, insbesondere eine WC/C-Schicht abgelegt wird.

- 25 neu -

28. Verfahren nach Ansprüchen 19-27, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke des Schichtsystems zwischen 0.5-20 μm , bevorzugt zwischen 1-10 μm eingestellt wird.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH 03/00262

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 C23C14/58 F16C33/10 F16C33/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C23C F16C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|--|
| X | DE 36 34 708 A (GOETZE AG) 28 April 1988 (1988-04-28) | 1, 3, 10-12, 14, 17-21, 23, 24, 27 |
| Y | the whole document | 2, 4-9, 11, 13-16, 22, 25, 26, 28 |
| X | US 4 661 064 A (BELTRAMINI GIORGIO) 28 April 1987 (1987-04-28) column 2, line 4 - line 11 column 3, line 9 - line 36 --- -/- | 1, 18, 19 |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 July 2003

Date of mailing of the international search report

23/07/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ekhuft, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH 03/00262

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 554 (C-1118), 6 October 1993 (1993-10-06) & JP 05 156425 A (SEIKO EPSON CORP), 22 June 1993 (1993-06-22) abstract | 1,19 |
| Y | WO 98 14710 A (KINROT OFER ;ETSION IZHAK (IL); FRIEDMAN MARK M (IL); SURFACE TECH) 9 April 1998 (1998-04-09) cited in the application page 5, line 20 - line 26; figure 1C page 9, line 15 - line 23 | 11, 13-16,22 |
| Y | WO 01 79585 A (WOHLRAB CHRISTIAN ;MASSLER ORLAW (AT); MICHLER UNAXIS) 25 October 2001 (2001-10-25) cited in the application page 20, line 6 - line 16; claims 1-14 | 5,6,9, 26,28 |
| Y | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 414 (C-635), 13 September 1989 (1989-09-13) & JP 01 152298 A (NIPPON PISTON RING CO LTD), 14 June 1989 (1989-06-14) abstract | 2,4,5 |
| Y | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 09, 13 October 2000 (2000-10-13) & JP 2000 178720 A (SUMITOMO METAL MINING CO LTD), 27 June 2000 (2000-06-27) abstract | 7,8 |
| Y | US 4 636 285 A (TARUMOTO KOUJI ET AL) 13 January 1987 (1987-01-13) column 3, line 20 -column 4, line 27 | 25 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH 03/00262

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| DE 3634708 | A | 28-04-1988 | DE 3634708 A1 | 28-04-1988 |
| US 4661064 | A | 28-04-1987 | IT 1209505 B | 30-08-1989 |
| | | | AT 29585 A | 15-06-1990 |
| | | | CH 663534 A5 | 31-12-1987 |
| | | | DE 3504632 A1 | 26-09-1985 |
| | | | DE 8503758 U1 | 07-06-1990 |
| | | | FR 2560098 A1 | 30-08-1985 |
| | | | GB 2154487 A , B | 11-09-1985 |
| | | | IL 74185 A | 31-05-1988 |
| | | | JP 60242976 A | 02-12-1985 |
| | | | SE 461763 B | 26-03-1990 |
| | | | SE 8500895 A | 25-08-1985 |
| JP 05156425 | A | 22-06-1993 | NONE | |
| WO 9814710 | A | 09-04-1998 | US 5834094 A | 10-11-1998 |
| | | | US 6046430 A | 04-04-2000 |
| | | | AU 4585397 A | 24-04-1998 |
| | | | EP 0930953 A1 | 28-07-1999 |
| | | | JP 2002507270 T | 05-03-2002 |
| | | | KR 2000048675 A | 25-07-2000 |
| | | | US 5952080 A | 14-09-1999 |
| | | | US 6002100 A | 14-12-1999 |
| | | | WO 9814710 A1 | 09-04-1998 |
| WO 0179585 | A | 25-10-2001 | DE 10018143 A1 | 25-10-2001 |
| | | | AU 2844001 A | 30-10-2001 |
| | | | BR 0017216 A | 10-06-2003 |
| | | | WO 0179585 A1 | 25-10-2001 |
| | | | EP 1272683 A1 | 08-01-2003 |
| JP 01152298 | A | 14-06-1989 | NONE | |
| JP 2000178720 | A | 27-06-2000 | NONE | |
| US 4636285 | A | 13-01-1987 | JP 1845027 C | 25-05-1994 |
| | | | JP 5058057 B | 25-08-1993 |
| | | | JP 60255970 A | 17-12-1985 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 03/00262

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 C23C14/58 F16C33/10 F16C33/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 C23C F16C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, IBM-TDB

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Bez. Anspruch Nr. |
|------------|--|---|
| X | DE 36 34 708 A (GOETZE AG) 28. Apr 11 1988 (1988-04-28) | 1,3, 10-12, 14, 17-21, 23, 24, 27 |
| Y | das ganze Dokument | 2, 4-9, 11, 13-16, 22, 25, 26, 28 |
| X | US 4 661 064 A (BELTRAMINI GIORGIO) 28. April 1987 (1987-04-28) Spalte 2, Zeile 4 - Zeile 11 Spalte 3, Zeile 9 - Zeile 36 | 1, 18, 19 |

-/-

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. Juli 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

23/07/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ekhult, H

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 03/00262

| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN | | |
|--|--|-------------------|
| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Bez. Anspruch Nr. |
| X | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 554 (C-1118), 6. Oktober 1993 (1993-10-06) & JP 05 156425 A (SEIKO EPSON CORP), 22. Juni 1993 (1993-06-22) Zusammenfassung | 1,19 |
| Y | WO 98 14710 A (KINROT OFER ; ETSION IZHAK (IL); FRIEDMAN MARK M (IL); SURFACE TECH) 9. April 1998 (1998-04-09) in der Anmeldung erwähnt Seite 5, Zeile 20 - Zeile 26; Abbildung 1C Seite 9, Zeile 15 - Zeile 23 | 11, 13-16,22 |
| Y | WO 01 79585 A (WOHLRAB CHRISTIAN ; MASSLER ORLAW (AT); MICHLER UNAXIS) 25. Oktober 2001 (2001-10-25) in der Anmeldung erwähnt Seite 20, Zeile 6 - Zeile 16; Ansprüche 1-14 | 5,6,9, 26,28 |
| Y | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 414 (C-635), 13. September 1989 (1989-09-13) & JP 01 152298 A (NIPPON PISTON RING CO LTD), 14. Juni 1989 (1989-06-14) Zusammenfassung | 2,4,5 |
| Y | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 09, 13. Oktober 2000 (2000-10-13) & JP 2000 178720 A (SUMITOMO METAL MINING CO LTD), 27. Juni 2000 (2000-06-27) Zusammenfassung | 7,8 |
| Y | US 4 636 285 A (TARUMOTO KOUJI ET AL) 13. Januar 1987 (1987-01-13) Spalte 3, Zeile 20 - Spalte 4, Zeile 27 | 25 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 03/00262

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument | | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|---|---|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 3634708 | A | 28-04-1988 | DE 3634708 A1 | 28-04-1988 |
| US 4661064 | A | 28-04-1987 | IT 1209505 B | 30-08-1989 |
| | | | AT 29585 A | 15-06-1990 |
| | | | CH 663534 A5 | 31-12-1987 |
| | | | DE 3504632 A1 | 26-09-1985 |
| | | | DE 8503758 U1 | 07-06-1990 |
| | | | FR 2560098 A1 | 30-08-1985 |
| | | | GB 2154487 A ,B | 11-09-1985 |
| | | | IL 74185 A | 31-05-1988 |
| | | | JP 60242976 A | 02-12-1985 |
| | | | SE 461763 B | 26-03-1990 |
| | | | SE 8500895 A | 25-08-1985 |
| JP 05156425 | A | 22-06-1993 | KEINE | |
| WO 9814710 | A | 09-04-1998 | US 5834094 A | 10-11-1998 |
| | | | US 6046430 A | 04-04-2000 |
| | | | AU 4585397 A | 24-04-1998 |
| | | | EP 0930953 A1 | 28-07-1999 |
| | | | JP 2002507270 T | 05-03-2002 |
| | | | KR 2000048675 A | 25-07-2000 |
| | | | US 5952080 A | 14-09-1999 |
| | | | US 6002100 A | 14-12-1999 |
| | | | WO 9814710 A1 | 09-04-1998 |
| WO 0179585 | A | 25-10-2001 | DE 10018143 A1 | 25-10-2001 |
| | | | AU 2844001 A | 30-10-2001 |
| | | | BR 0017216 A | 10-06-2003 |
| | | | WO 0179585 A1 | 25-10-2001 |
| | | | EP 1272683 A1 | 08-01-2003 |
| JP 01152298 | A | 14-06-1989 | KEINE | |
| JP 2000178720 | A | 27-06-2000 | KEINE | |
| US 4636285 | A | 13-01-1987 | JP 1845027 C | 25-05-1994 |
| | | | JP 5058057 B | 25-08-1993 |
| | | | JP 60255970 A | 17-12-1985 |